BESTSELLER NEW YORK TIMES

Neil deGrasse Tyson

ASTROFIZICA

pentru CEI GRĂBIȚI

TREI

BESTSELLER NEW YORK TIMES

Neil deGrasse Tyson

ASTROFIZICA

pentru CEI GRĂBIȚI

TREI

BESTSELLER NEW YORK TIMES
Neil deGrasse Tyson
ASTRO FIZICA
pentru
CEI GRĂBIȚI
TREI

astrofizica pentru cei grăbiți

astrofizica pentru cei grăbiți

Neil deGrasse Tyson

Traducere din engleză de
MARTIN ZICK

Acum pentru viitor
TREI

Editori: Silviu Dragomir, Vasile Dem. Zamfirescu

Director Editorial: Magdalena Mărculescu

Design: Radu Manelici

Redactor: Constantin Dumitru-Palcus

Director Producţie: Cristian Claudiu Coban

DTP: Gabriela Chircea

Corectură: Duşa Udrea-Boborel, Maria Muşuroiu

Conținutul acestei lucrări electronice este protejat prin copyright (drepturi de autor), iar cartea este destinată exclusiv utilizării ei în scop privat pe dispozitivul de citire pe care a fost descărcată. Orice altă utilizare, incluzând împrumutul sau schimbul, reproducerea integrală sau parţială, multiplicarea, închirierea, punerea la dispoziţia publică, inclusiv prin internet sau prin reţele de calculatoare, stocarea permanentă sau temporară pe dispozitive sau sisteme cu posibilitatea recuperării informaţiei, altele decât cele pe care a fost descărcată, revânzarea sub orice formă sau prin orice mijloc, fără consimțământul editorului, sunt interzise. Dreptul de folosință al lucrării nu este transferabil.

Drepturile de autor pentru versiunea electronică în formatele existente ale acestei lucrări aparțin persoanei juridice Editura Trei SRL.

Titlul original: Astrophysics for People in a Hurry

Autor: Neil deGrasse Tyson

Copyright © 2017 by Neil deGrasse Tyson

Published by arrangement with W. W. Norton & Company, Inc.

Copyright © Editura Trei, 2017 pentru prezenta ediţie

O.P. 16, Ghişeul 1, C.P. 0490, Bucureşti

Tel.: +4 021 300 60 90 ; Fax: +4 0372 25 20 20

e-mail: comenzi@edituratrei.ro

www.edituratrei.ro

Capitolele de faţă sunt adaptări ale eseurilor apărute în revista Natural History la rubrica „Universul“: Capitolul 1: martie 1998 şi septembrie 2003; Capitolul 2: noiembrie 2000; Capitolul 3: octombrie 2003; Capitolul 4: iunie 1999; Capitolul 5: iunie 2006; Capitolul 6: octombrie 2002; Capitolul 7: iulie/august 2002; Capitolul 8: martie 1997; Capitolul 9: decembrie 2003/ianuarie 2004; Capitolul 10: octombrie 2001; Capitolul 11: februarie 2006; Capitolul 12: aprilie 2007.

ISBN (print): 978-606-40-0305-8

ISBN (epub): 978-606-40-0418-5

Pentru toți cei prea ocupați ca să citească volume consistente, dar care vor totuși să găsească o cale către cosmos

PREFAȚĂ

În anii din urmă, nu trece mai mult de o săptămână fără ca presa să relateze despre o descoperire cosmică demnă de prima pagină. Se poate ca persoanele care controlează media să fi căpătat un interes pentru univers, dar probabil că această atenţie sporită e urmarea creşterii apetitului publicului pentru ştiinţă. Există numeroase dovezi în acest sens, de la emisiuni televizate de succes, în care ştiinţa este sursă de inspiraţie şi de informaţii, până la filmele ştiinţifico-fantastice cu actori celebri, produse şi regizate tot de celebrităţi. În ultima vreme, filmele biografice care au în centru un important om de ştiinţă au devenit un gen de sine stătător. În toată lumea, se remarcă, de asemenea, şi un interes sporit pentru festivalurile de ştiinţă, convenţiile de science-fiction şi documentarele ştiinţifice pentru televiziune.

Regizorul filmului cu cel mai mare succes de casă din toate timpurile şi-a plasat povestea pe o planetă care se roteşte în jurul unei stele îndepărtate. O actriţă celebră joacă rolul unei astrobiologe. Mai toate ramurile ştiinţei sunt preamărite astăzi, dar domeniul astrofizicii este mai presus de toate. Cred că ştiu de ce. La un moment dat, fiecare om s-a uitat la cerul nopţii şi s-a întrebat: Ce înseamnă toate astea? Cum funcţionează? Şi care e locul meu în univers?

Dacă sunteţi prea ocupaţi ca să învăţaţi despre cosmos din cursuri, manuale sau documentare, însă vă doriţi o introducere scurtă şi plină de sens în domeniu, vă ofer Astrofizica pentru cei grăbiţi. În această cărticică o să găsiţi baza tuturor ideilor şi descoperirilor importante care stau la baza concepţiei noastre moderne despre univers. Dacă am reuşit să fac asta, o să puteţi purta discuţii pe această temă şi s-ar putea să vi se deschidă apetitul pentru mai mult.

Universul nu are nicio obligație să fie pe înțelesul tău

— NDT

1. Cea mai frumoasă poveste a tuturor timpurilor

Lumea are mulți ani de când a fost pusă în mișcare.

Și de acolo a pornit totul.

— Lucrețiu, 50 î.Hr.

La început, acum vreo 14 miliarde de ani, întregul spațiu, întreaga materie și toată energia universului cunoscut încăpeau într-un volum mai mic decât a bilioana parte din punctul care încheie această propoziție.

Mediul era foarte fierbinte, iar forțele primare ale naturii care împreună alcătuiesc universul erau unificate. Chiar dacă tot nu știm cum a luat ființă, acest cosmos de dimensiuni minuscule nu putea decât să se extindă. Rapid. Prin ceea ce numim azi Big Bang.

Teoria relativității generale, formulată de Einstein în 1916, ne permite să înțelegem gravitația și faptul că prezența materiei și a energiei curbează țesătura spațiului și timpului dimprejur. Anii ’20 au adus apariția mecanicii cuantice, care a oferit explicații moderne pentru toate lucrurile minuscule: molecule, atomi și particule subatomice. Dar aceste două moduri de înțelegere a naturii erau formal incompatibile reciproc, ceea ce a declanșat o adevărat cursă în care fizicienii au încercat să combine teoria microcosmosului cu cea a macrocosmosului într-o singură teorie coerentă a gravitației cuantice.

Chiar dacă nu am ajuns încă la linia de finiș, știm exact care sunt principalele obstacole. Unul dintre ele se găsește în „perioada Planck“ a universului incipient. Este intervalul de timp dintre momentul t = 0 și momentul 10-43 secunde (o zecime de milionime de bilionime de bilionime de bilionime dintr-o secundă) după început și înainte ca universul să crească la un diametru de 10-35 metri (o sutime de miliardime de bilionime de bilionime dintr-un metru). Fizicianul german Max Planck, după numele căruia au fost botezate aceste cantități inimaginabil de mici, a venit cu ideea energiei cuantificate în 1900 și este considerat de toată lumea părintele mecanicii cuantice.

Ciocnirea dintre gravitație și mecanica cuantică nu pune probleme practice universului contemporan. Astrofizicienii aplică principiile și instrumentele relativității generale și mecanicii cuantice unor probleme din categorii cât se

poate de diferite. Dar la început, în perioada Planck, marele era mic şi bănuim că trebuie să fi existat un mariaj forţat între ele. Din păcate, jurămintele rostite în cursul acelei ceremonii continuă să ne scape, aşa că nicio lege (cunoscută) a fizicii nu descrie credibil comportamentul universului în acel moment.

Totuşi, ne aşteptăm ca la finalul perioadei Planck gravitaţia să se fi eliberat dintre celelalte forţe ale naturii, încă unificate, obţinând o identitate independentă foarte frumos descrisă de teoriile noastre actuale. Ajuns la vârsta de 10-35 secunde universul a continuat să se extindă, diluând toate concentrările de energie, iar ce mai rămăsese din forţele unificate s-a despărţit în forţe „electroslabe“ şi „nucleare puternice“. Mai târziu, forţa electroslabă s-a separat în forţa electromagnetică şi forţa „nucleară slabă“, dând la iveală cele patru forţe distincte, pe care le-am cunoscut şi îndrăgit: forţa slabă care controlează dezintegrarea radioactivă, forţa puternică, cea care leagă nucleele atomice, forţa electromagnetică, cea care leagă moleculele, şi gravitaţia, care asigură coeziunea materiei.

*

De la început a trecut o bilionime de secundă.

*

Între timp, interacţiunea dintre materie, sub forma unor particule subatomice, şi energie, sub forma fotonilor (purtători fără masă de energie uşoară, care sunt în aceeaşi măsură unde şi particule) continua. Universul era suficient de fierbinte pentru ca aceşti fotoni să-şi transforme spontan energia în perechi de particule materie-antimaterie, care imediat după aceea se anihilau, returnând fotonilor energia. Da, antimateria este reală. Şi noi am descoperit-o, nu scriitorii de science-fiction. Aceste transformări sunt prevăzute foarte bine de celebra ecuaţie a lui Einstein: $E = mc^2$, care este o reţetă biunivocă : arată cu câtă materie

echivalează o anumită cantitate de energie, dar și cu câtă energie echivalează o anumită cantitate de materie. Mărimea c^2 este viteza luminii la pătrat — un număr uriaș care, atunci când e înmulțit cu masa, ne arată câtă energie avem de fapt în această ecuație.

Cu puțin înainte, în timpul și după separarea forțelor puternice de cele electroslabe, universul era o supă clocotindă de quarcuri, leptoni și gemenii acestora din antimaterie, cărora li se adăugau bosonii, particulele care permit interacțiunile tuturor. Se consideră că niciuna dintre aceste familii de particule nu este divizibilă în ceva mai mic sau mai simplu, deși fiecare dintre ele prezintă varietăți. Fotonul obișnuit este membru al familiei bosonilor. Leptonii cei mai cunoscuți pentru ne-fizicieni sunt electronii și, probabil, neutrinii. Iar cele mai familiare quarcuri sunt... ei bine, nu există quarcuri familiare. Fiecare dintre cele șase subspecii de quarcuri a primit un nume abstract care nu are un folos filologic, filosofic sau pedagogic, ci doar pe acela de a le deosebi între ele: sus (up) și jos (down), ciudat (strange) și farmec (charm), vârf (top) și bază (bottom).

Apropo, bosonii sunt numiți așa după omul de știință indian Satyendra Nath Bose. Cuvântul „lepton“ derivă din termenul grecesc leptos, care înseamnă „ușor“ sau „mic“. „Quark“ are însă o origine mai literară și mult mai imaginativă. Fizicianul Murray Gell-Mann, cel care a propus în 1964 existența quarcurilor în calitate de constituenți interni ai neutronilor și protonilor — și care, pe atunci, credea că familia quarcurilor are doar trei membri —, a luat acest nume dintr-o replică obscură din romanul lui James Joyce, Finnegans Wake: „Three quarks for Muster Mark!“ Cel puțin un lucru este remarcabil la quarcuri: toate numele lor sunt simple, lucru pe care chimiștii, biologii și mai ales geologii par incapabili să-l obțină atunci când își botează obiectele de studiu.

Quarcurile sunt niște bestii capricioase. Spre deosebire de protoni, care au sarcina +1, și de electroni, care au sarcina -1, quarcurile au sarcini fracționare, care se măsoară în treimi de unitate. Și n-o să găsiți niciodată un quark singur — e agățat întotdeauna de quarcurile din preajmă. De fapt, forța care ține două (sau mai multe) quarcuri la un loc devine cu atât mai puternică cu cât încerci să le separi, ca și cum ar fi legate cu un fel de elastic subnuclear. Dacă reușim să separăm suficient quarcurile, elasticul plesnește și energia înmagazinată cheamă în ajutor $E = mc^2$ pentru a crea un nou quarc la fiecare capăt, ducându-ne înapoi la punctul de pornire.

În perioada quarcurilor şi leptonilor universul era suficient de dens pentru ca separarea medie între quarcurile nelegate să concureze separarea dintre quarcurile legate. În acele condiţii, loialitatea quarcurilor învecinate nu putea fi stabilită foarte clar, aşa că se deplasau liber, în ciuda faptului că erau o clasă de particule legate una de cealaltă. Descoperirea acestei stări a materiei, un fel de cazan cu quarcuri, a fost raportată pentru prima dată în 2002 de o echipă de fizicieni de la Brookhaven National Laboratories, Long Island, New York.

Există dovezi teoretice solide care sugerează că un episod de la începuturile universului, poate chiar din timpul separării acestor forţe, a înzestrat universul cu o remarcabilă asimetrie în care particulele de materie au devenit ceva mai numeroase decât cele de antimaterie: cu una la un miliard. Această mică diferenţă de populaţie ar fi observată cu greu în vârtejul creării, anihilării şi recreării quarcurilor şi antiquarcurilor, electronilor şi antielectronilor (mai cunoscuţi ca „pozitroni“), neutrinilor şi antineutrinilor. Particula în plus a avut grămezi de ocazii pentru a găsi pe cineva cu care să se anihileze, la fel ca toate celelalte particule.

Dar nu pentru multă vreme. Pe măsură ce cosmosul continua să se extindă şi să se răcească, atingând dimensiuni mai mari decât sistemul nostru solar, temperatura a scăzut rapid sub un bilion de grade Kelvin.

*

De la început a trecut o milionime de secundă.

*

Acest univers călduţ nu mai era suficient de dens pentru a produce quarcuri, aşa că fiecare particulă şi-a luat un partener de dans, creând o familie nouă, permanentă, numită „hadroni“ (de la grecescul hadros, care înseamnă „mare“,

„masiv“). Această tranziție de la quarcuri la hadroni a avut curând drept rezultat apariția protonilor și a neutronilor, precum și a altor particule mai grele, mai puțin cunoscute, dar compuse din diferite combinații de quarcuri. În Elveția (înapoi pe Pământ), centrul european de cercetare nucleară (CERN) folosește un accelerator uriaș pentru a ciocni fascicule de hadroni, încercând să recreeze condițiile descrise mai sus. Acest aparat, cel mai mare din lume, se numește, bineînțeles, Marele Accelerator de Hadroni.

Ușoara asimetrie materie-antimaterie care a afectat supa de quarcuri și leptoni s-a transferat la hadroni, cu niște consecințe extraordinare.

Pe măsură ce universul continua să se răcească, energia disponibilă pentru crearea spontană a particulelor elementare scădea. În era hadronilor fotonii din mediu nu mai puteau invoca $E=mc^2$ pentru a crea perechi quarc–antiquarc. Mai mult, fotonii apăruți din restul anihilărilor pierdeau energie în universul care devenea tot mai mare, așa încât concentrația lor a scăzut sub pragul necesar pentru crearea perechilor hadron–antihadron. La fiecare miliard de anihilări — care lăsau în urmă un miliard de fotoni — supraviețuia un singur hadron. Până la urmă acești singuratici s-au ales cu toată distracția: au fost sursa supremă de materie pentru crearea galaxiilor, stelelor, planetelor și a petuniilor.

Fără acel dezechilibru de un miliard și unu la un miliard între materie și antimaterie, toată masa universului s-ar fi autoanihilat, lăsând în urmă un cosmos alcătuit din fotoni și nimic altceva — scenariul suprem din varianta „să fie lumină“.

*

De la început a trecut o secundă.

*

Universul a crescut până la un diametru de câțiva ani-lumină[1], aproximativ distanța de la Soare până la cele mai apropiate stele cu care se învecinează. La un miliard de grade era încă destul de cald — tot se mai puteau produce electroni, care, împreună cu pozitronii asociați, continuau să apară și să dispară. Dar în universul tot mai întins și tot mai rece zilele lor (de fapt, secundele) erau numărate. Ceea ce fusese valabil pentru quarcuri și pentru hadroni a devenit valabil pentru electroni. În cele din urmă doar un electron dintr-un miliard a supraviețuit. Ceilalți s-au anihilat cu pozitronii, partenerii lor din antimaterie, lăsând în urmă un ocean de fotoni.

Cam în acest moment un electron pentru fiecare proton a „înghețat“ — nu a mai dispărut. Pe măsură ce cosmosul s-a răcit — sub o sută de milioane de grade —, protonii au fuzionat cu alți protoni și cu neutroni, formând nuclee atomice și clocind un univers în care aproximativ 90% dintre aceste nuclee erau de hidrogen, iar 10% erau de heliu. Mai existau și cantități infime de deuteriu (hidrogen „greu“), tritiu (hidrogen și mai greu) și litiu.

*

De la început, au trecut două minute.

*

Vreme de 380 000 de ani nu s-a mai întâmplat mare lucru cu supa noastră de particule. De-a lungul acestor milenii temperatura a rămas suficient de ridicată pentru ca electronii să circule liberi printre fotoni, interacționând și aruncându-i încolo și-ncoace.

Însă această libertate s-a încheiat brusc atunci când temperatura universului a scăzut sub 3 000 de grade Kelvin (cam jumătate din temperatura de la suprafața Soarelui) și toți electronii liberi s-au combinat cu nuclee. Acest mariaj a lăsat în

urmă o baie ubicuă de lumină vizibilă, marcând pentru totdeauna cerul cu o urmă a stării în care se afla toată materia în acel moment şi definitivând formarea particulelor şi atomilor din universul primordial.

*

În primul miliard de ani, universul a continuat să se extindă şi să se răcească, pe măsură ce materia era atrasă de gravitaţie în concentraţiile masive pe care le numim „galaxii“. S-au format aproape o sută de miliarde, fiecare cu sute de miliarde de stele în miezul cărora se desfăşurau fuziuni termonucleare. Stelele cu o masă mai mare decât zece mase solare au acumulat în miez presiune şi temperatură suficiente pentru a produce zeci de elemente mai grele decât hidrogenul, inclusiv pe cele care alcătuiesc planete şi viaţa care ar putea înflori pe ele.

Aceste elemente ar fi fost absolut inutile dacă ar fi rămas acolo unde s-au format. Dar stelele cu masă mare au explodat în mod fortuit, împrăştiindu-şi prin galaxie măruntaiele îmbogăţite chimic. După nouă miliarde de ani de astfel de fenomene, într-o parte oarecare a universului (marginile superroiului Fecioara), într-o regiune oarecare (Braţul Orion) a unei galaxii oarecare (Calea Lactee), s-a născut o stea oarecare (Soarele).

Norul de gaz din care s-a format Soarele conţinea rezerve de elemente grele suficiente pentru coagularea şi zămislirea unui număr mare de obiecte care să graviteze în jurul stelei, inclusiv câteva planete solide şi gazoase, sute de mii de asteroizi şi miliarde de comete. În primele câteva sute de milioane de ani, cantităţi enorme de resturi care gravitau pe orbite instabile s-au adunat în corpuri mai mari. Asta s-a întâmplat prin ciocniri cu viteze şi energii mari, care au topit suprafeţele planetelor solide, împiedicând formarea moleculelor complexe.

Pe măsură ce materia care putea fi acumulată devenea tot mai puţină în sistemul solar, planetele au început să se răcească la suprafaţă. Cea pe care o numim Pământ s-a format într-un fel de zonă „tocmai bună“ din jurul Soarelui, unde oceanele au rămas în mare parte sub formă lichidă. Dacă ar fi fost mult mai aproape de Soare, oceanele s-ar fi evaporat. Dacă ar fi fost mult mai departe, ar

fi îngheţat. În orice caz, viaţa aşa cum o ştim noi nu ar fi apărut.

În oceanele lichide bogate în substanţe chimice, printr-un mecanism pe care încă nu îl cunoaştem, moleculele organice au făcut tranziţia spre forme de viaţă autoreproductibile. În supa primordială dominau bacteriile anaerobe: viaţa care înfloreşte în medii fără oxigen, dar excretă oxigen pur ca produs secundar. Aceste prime organisme monocelulare au transformat fără să ştie atmosfera bogată în dioxid de carbon a Pământului într-una cu suficient oxigen pentru a permite organismelor aerobe să apară şi să domine oceanele şi uscatul. Aceiaşi atomi de oxigen care de obicei se găsesc în perechi (O2) s-au combinat şi în grupuri de trei, formând ozonul (O3) din stratul superior al atmosferei, care acţionează ca un scut de protecţie pentru Pământ în faţa majorităţii fotonilor ultravioleţi emişi de soare, care sunt ostili faţă de orice moleculă.

Datorăm extraordinara diversitate a vieţii pe Pământ şi, probabil, şi din alte părţi ale universului, abundenţei în cosmos a carbonului şi a nenumăratelor molecule simple şi complexe care îl conţin. Nu există îndoieli în privinţa asta: moleculele pe bază de carbon sunt mai numeroase decât toate celelalte tipuri de molecule luate la un loc.

Însă viaţa este sensibilă. Din când în când, Pământul se întâlneşte cu comete şi asteroizi rătăciţi foarte mari, eveniment care la început era obişnuit. Aceste întâlniri provoacă ravagii în ecosistem. Cu numai 65 de milioane de ani în urmă (mai puţin de 2% din trecutul Pământului) un asteroid de zece bilioane de tone a lovit peninsula cunoscută azi cu numele Yucatan, aneantizând peste 70% din flora şi fauna Pământului, inclusiv celebrii dinozauri supraponderali. Extincţie. Această catastrofă ecologică a permis mamiferelor de atunci, care înainte serveau drept antreuri la masa lui T. Rex, să ocupe nişele eliberate. O ramură cu creier mare a acestor mamifere, numite „primate“, a dus la apariţia unei specii (Homo sapiens) suficient de inteligente pentru a crea metodele şi instrumentele ştiinţei şi a deduce originea şi evoluţia universului.

*

Ce s-a întâmplat înainte de asta? Ce s-a întâmplat înainte de început?

Astrofizicienii nu au habar. Sau, am putea spune, cele mai creative idei ale lor au prea puține baze în știința experimentală ori nu au deloc. Ca răspuns, adepții unor religii afirmă, cu un ton sentențios, că ceva trebuie să fi făcut toate astea: o forță mai mare decât toate, o sursă a tuturor lucrurilor. O forță primară. În mintea unei astfel de persoane acest „ceva“ este, bineînțeles, Dumnezeu.

Dar dacă universul a existat dintotdeauna, într-o stare pe care încă nu am identificat-o? De exemplu, un multivers care dă naștere încontinuu unor universuri. Dacă universul a apărut din nimic? Sau dacă tot ce știm și iubim noi ar fi doar o simulare computerizată făcută pentru distracția unei specii extraterestre superinteligente?

De obicei aceste idei distractive din punct de vedere filosofic nu satisfac pe nimeni. Totuși, ele ne reamintesc că starea naturală a minții unui cercetător științific este ignoranța. Oamenii care nu se consideră ignoranți în nicio privință nu au căutat și nici nu au dat vreodată peste granița dintre ce e cunoscut și ce e necunoscut în univers.

Ce știm — și ce putem afirma fără nicio ezitare — este că universul a avut un început. Universul continuă să se dezvolte. Și, da, fiecare dintre atomii corpului nostru este provenit din Big Bang și din furnalele termonucleare ale stelelor cu masă mare care au explodat în urmă cu mai bine de cinci miliarde de ani.

Suntem praf stelar care a prins viață și a fost împuternicit de univers să descopere cum s-a format acesta — și abia am început.

2. Pe Pământ ca și în ceruri

Înainte ca Sir Isaac Newton să pună pe hârtie legile universale ale gravitației, nimeni nu a avut vreun motiv să presupună că legile fizicii de acasă sunt aceleași peste tot în univers. Pe Pământ se petreceau lucruri pământești, și în ceruri se petreceau lucruri cerești. Potrivit învățăturilor creștine ale vremurilor, Dumnezeu controla cerurile, făcându-le inaccesibile minții noastre nevolnice de muritori. Când Newton a ridicat această barieră filosofică — făcând ca toată mișcarea să fie inteligibilă și predictibilă —, unii teologi l-au criticat, pentru că nu a lăsat niciun rol Creatorului. Newton și-a dat seama că forța gravitațională care face merele să cadă din pom este tot una cu cea care aruncă obiecte pe o traiectorie curbă și ține Luna pe orbită în jurul Pământului. Legea newtoniană a gravitației ghidează planetele, asteroizii și cometele pe orbită în jurul Soarelui și ține pe orbită sute de miliarde de stele în galaxia noastră.

Această universalitate a legilor fizice este cel mai bun motor al descoperirilor științifice. Iar gravitația a fost doar începutul. Imaginați-vă bucuria astronomilor din secolul al XIX-lea când au îndreptat pentru prima oară către Soare o prismă de laborator, care descompune lumina în spectrul de culori. Spectrele nu sunt doar splendide — ele conțin și o mulțime de informații despre obiectul care emite lumina, inclusiv date despre temperatura și compoziția acestuia. Elementele chimice ies la iveală prin tiparele unice de lumină sau prin benzile întunecate din spectru. Spre încântarea și uluirea oamenilor, amprentele chimice ale Soarelui erau aceleași cu cele din laborator. Prisma a arătat că, deși între Soare și Pământ există diferențe mari de masă, temperatură, localizare și aspect, ambele sunt compuse din aceleași materiale: hidrogen, carbon, oxigen, nitrogen, calciu, fier și așa mai departe. Dar mai importantă decât lista noastră de ingrediente comune a fost descoperirea faptului că legile fizicii care duc la crearea acestei amprente spectrale a Soarelui sunt aceleași care operează aici pe Pământ, la 150 de milioane de kilometri distanță.

Acest concept de universalitate a fost atât de fertil, încât a fost aplicat cu succes și invers. O analiză minuțioasă a spectrului solar a dat la iveală existența unui element care nu avea un omolog cunoscut pe Pământ. Aparținând Soarelui, noua substanță a primit un nume derivat din cuvântul grecesc helios („Soarele“), abia mai târziu fiind descoperită în laborator. Astfel, heliul a devenit primul și singurul element din tabelul periodic al elementelor care nu a fost descoperit pe Pământ.

Bun, legile fizicii funcționează în sistemul solar, dar e valabil acest lucru în toată

galaxia? În tot universul? De-a lungul întregului timp? Pas cu pas, legile au fost testate. Stelele din apropiere au dat și ele la iveală elemente chimice cunoscute. Îndepărtatele stele binare, care gravitează una în jurul celeilalte, par să știe și ele totul despre legile lui Newton. La fel și galaxiile binare.

Așa cum fac geologii care studiază sedimentele stratificate, obținând un calendar al evenimentelor pământești, cu cât ne uităm mai departe în spațiu, cu atât vedem mai înapoi în timp. Spectrul celor mai îndepărtate obiecte din univers prezintă aceeași amprentă chimică pe care o întâlnim în spațiul și timpul apropiate. E adevărat, pe atunci elementele grele nu erau atât de abundente — au fost fabricate în general de generațiile mai noi de stele care au explodat —, însă legile care descriu procesele atomic și molecular pentru formarea acestor amprente spectrale rămân aceleași. Mai precis, o cantitate cunoscută drept „constanta structurii fine“, care controlează amprenta de bază a fiecărui element, trebuie să fi rămas aceeași vreme de miliarde de ani.

Bineînțeles, nu toate lucrurile și fenomenele din cosmos au un omolog pe Pământ. Nu cred că ați trecut vreodată prin vreun nor de plasmă strălucitor cu o temperatură de un milion de grade și nu cred că ați dat nas în nas pe stradă cu vreo gaură neagră. Importantă este însă universalitatea legilor care descriu aceste fenomene. Când s-a aplicat pentru prima oară analiza spectrală nebuloaselor interstelare, s-a descoperit o altă amprentă care nu avea un omolog pe Pământ. La acea vreme tabelul periodic nu avea locuri în care să se potrivească elemente noi. În replică, astrofizicienii au propus numele „nebuliu“ ca suplinitor, până în momentul în care aveau să-și dea seama ce se petrece. A reieșit că în spațiu nebuloasele gazoase sunt atât de rarefiate, încât atomii parcurg distanțe mari fără să intre în coliziune. În aceste condiții electronii pot face în atomi lucruri care nu au mai fost văzute înainte în laboratoarele de pe Pământ. Nebuliul era pur și simplu amprenta oxigenului obișnuit care făcea lucruri neobișnuite.

Această universalitate a legilor fizicii ne spune că, dacă ajungem pe o altă planetă, unde există o civilizație extraterestră înfloritoare, aceasta o să funcționeze după aceleași legi descoperite și verificate aici, pe Pământ, chiar dacă extratereștrii respectivi o să aibă convingeri sociale și politice diferite. Mai mult, dacă o să vrem să vorbim cu ei, putem paria că nu vorbesc engleza ori franceza, ori mandarina. Nu putem ști nici măcar dacă strânsul mâinii — presupunând că apendicele lor întins ar fi o mână — este considerat un gest pașnic sau ostil. Nu putem decât să sperăm că o să găsim o cale să comunicăm cu ei folosind limbajul științei.

O astfel de încercare a fost făcută în anii ’70, cu sondele spațiale Pioneer 10 și 11 și Voyager 1 și 2. Toate cele patru nave spațiale au fost înzestrate cu suficientă energie pentru ca, asistate gravitațional de planetele gigante, să scape din sistemul solar.

Pioneer purta o placă aurie gravată, în care erau prezentate, în pictograme științifice, aspectul sistemului nostru solar, poziția în galaxie și structura atomului de hidrogen. Voyager a mers mai departe, incluzând un disc de aur cu înregistrări ale diferitelor sunete de pe Pământ, printre care bătaia inimii umane, „cântecul“ balenelor și selecții muzicale din toată lumea, inclusiv din operele lui Beethoven și Chuck Berry. Este un mesaj umanizat, dar nu știm dacă extratereștrii o să aibă habar de ce ascultă; asta presupunând că au urechi, în primul rând. Parodia mea favorită după acest gest a fost o scenetă din emisiunea Saturday Night Live, difuzată de NBC la puțină vreme după lansarea sondelor Voyager. NASA primește un răspuns de la extratereștrii care au găsit sonda. Un bilet pe care scrie: „Mai trimiteți niște Chuck Berry“.

Știința a înflorit nu doar ca urmare a universalității legilor fizicii, ci și datorită existenței și persistenței constantelor fizice. Constanta gravitațională, cunoscută printre oamenii de știință și ca „marele G“, conferă ecuației gravitației elaborate de Newton măsura intensității forței gravitaționale. Variația acestei cantități a fost verificată implicit de-a lungul vremii. Dacă facem calculele, ne dăm seama că luminozitatea unei stele este dependentă abrupt de marele G. Cu alte cuvinte, dacă marele G ar fi avut în trecut o valoare ușor diferită, atunci energia solară ar fi fost mult mai variabilă decât o arată toate datele biologice, climatologice și geologice.

Așa se manifestă uniformitatea universului nostru.

*

Dintre toate constantele, cea mai cunoscută este viteza luminii. Oricât de rapid v-ați deplasa, n-o să depășiți niciodată o rază de lumină. De ce? Niciun experiment desfășurat vreodată nu a dat la iveală un obiect sau orice altă entitate care să fi atins viteza luminii. Legile fizicii, bine testate de-a lungul timpului, prezic acest

lucru și-și dau seama de el. Știu că aceste afirmații par obtuze. Unele dintre cele mai prostești proclamații emise în trecut pe temeiuri științifice au subestimat ingeniozitatea inventatorilor și inginerilor: „N-o să zburăm niciodată“. „Zborul nu va fi niciodată fezabil comercial“. „N-o să divizăm niciodată atomul“. „N-o să depășim niciodată zidul sonic“. „N-o să ajungem niciodată pe Lună“. Numitorul comun al acestor afirmații este acela că în calea lor nu a stat nicio lege a fizicii.

Afirmația „N-o să întrecem niciodată o rază de lumină“ este o predicție diferită calitativ. Ea decurge din principii fizice de bază, verificate în timp. Indicatoarele de pe autostrăzile stelare ale viitorului o să arate astfel:

Viteza luminii:

Nu este doar o idee bună, ci și legea însăși.

Spre deosebire de încălcarea limitei de viteză pe șoselele de pe Pământ, partea bună când vine vorba despre legile fizicii este aceea că nu e nevoie de agenți de ordine publică, meniți să le impună și să vegheze la respectarea lor, chiar dacă am avut cândva un tricou de tocilar pe care scria „ASCULTĂ DE GRAVITAȚIE“.

Toate măsurătorile arată că principalele constante și legile fizice care se sprijină pe acestea nu sunt variabile în timp sau în spațiu. Sunt cu adevărat constante și universale.

*

Multe fenomene naturale presupun acțiunea concomitentă a mai multor legi ale fizicii. Acest fapt complică analiza și, în cele mai multe cazuri, solicită o forță de calcul foarte mare pentru a descoperi ce se petrece acolo și a ține evidența parametrilor importanți. În iulie 1994, când cometa Shoemaker-Levy 9 a intrat în

atmosfera foarte bogată în gaze a lui Jupiter și a explodat, cel mai bun model computerizat a combinat legile mecanicii fluidelor, termodinamicii, cinematicii și gravitației. Clima și starea vremii reprezintă alte exemple foarte bune de fenomene complexe (și greu de prezis). Însă ele sunt guvernate tot de legile generale ale fizicii. Marea Pată Roșie de pe Jupiter, un anticiclon furios a cărui forță sporește de cel puțin 350 de ani, este provocată de aceleași procese fizice care generează furtuni aici pe Pământ sau în alte locuri din sistemul solar.

O altă clasă de adevăruri universale o reprezintă legile conservării, care spun că o cantitate măsurată rămâne aceeași indiferent ce s-ar întâmpla. Cele mai importante vizează conservarea masei și energiei, conservarea momentului liniar și cinetic și conservarea sarcinii electrice. Aceste legi sunt evidente pe Pământ și oriunde altundeva ne-am uita în univers — de la domeniul particulelor elementare până la structura uriașă a universului.

În ciuda afirmațiilor lăudăroase, în paradis nu e totul perfect. Așa cum am mai spus, nu putem vedea, atinge sau gusta sursa a 85% din gravitația măsurată în univers. Această misterioasă materie neagră, pe care o putem detecta doar după atracția gravitațională asupra materiei vizibile, ar putea fi compusă din particule exotice pe care nu le-am descoperit sau identificat încă. Totuși, un mic grup de astrofizicieni nu sunt convinși de asta, sugerând că materia neagră nu există, ci că trebuie doar să modificăm legea newtoniană a atracției. Totul o să fie în regulă dacă mai adăugăm ecuației câteva componente.

Poate că într-o zi o să ne dăm seama că legea lui Newton are într-adevăr nevoie de o ajustare. Ar fi în regulă. S-a mai întâmplat o dată. În 1916, Albert Einstein și-a publicat teoria generală a relativității, prin care reformula principiile gravitației într-un mod aplicabil obiectelor cu o masă extrem de mare, un tărâm necunoscut pentru Newton, în care legea lui nu mai funcționa. Învățătura? Încrederea noastră trebuie să fie dată de varietatea condițiilor în care a fost testată și verificată o lege. Cu cât este mai largă această varietate, cu atât devine mai puternică legea în efortul nostru de a descrie cosmosul. Pentru gravitația obișnuită, de acasă, legea lui Newton este perfect valabilă. Ne-a dus pe Lună în 1969. Pentru găurile negre și macrostructura universului avem nevoie de relativitatea generală. Iar dacă introducem mase și viteze reduse în ecuațiile lui Einstein acestea devin literalmente (sau, mai degrabă, matematic) ecuațiile lui Newton, ceea ce ne dă motive întemeiate să avem încredere în felul de a înțelege tot ce pretindem că înțelegem.

*

Pentru omul de știință universalitatea legilor fizicii conferă cosmosului o minunată simplitate. Prin comparație, natura umană — domeniul psihologiei — este infinit mai descurajatoare. În America materiile predate la clasă sunt votate de consiliul școlii, și în unele cazuri voturile sunt date în funcție de toanele culturale, politice sau religioase. În lume diferitele convingeri conduc la divergențe politice care nu sunt rezolvate întotdeauna pe cale pașnică. Forța și frumusețea legilor fizicii constau în faptul că se aplică peste tot, indiferent de convingerile noastre.

Cu alte cuvinte, dincolo de aceste legi, totul este părere.

Asta nu înseamnă că oamenii de știință nu au dispute. Avem. O mulțime. Totuși, când intrăm într-o dispută este vorba de obicei despre părerea noastră cu privire la interpretarea unor date mărunte de la frontierele cunoașterii. Oriunde și oricând se poate invoca o lege a fizicii dezbaterea este cu siguranță scurtă: Nu, ideea dumneavoastră de mașinărie care să se miște perpetuu n-are cum să funcționeze — violează legile termodinamicii. Nu, nu puteți construi o mașină a timpului care să vă permită întoarcerea în trecut pentru a vă ucide mama înainte de a vă fi născut, pentru că asta ar viola legile cauzalității. Iar fără încălcarea legilor impulsului nu puteți levita spontan, plutind deasupra pământului, indiferent dacă stați sau nu în poziția lotusului.[1]

În unele cazuri, cunoașterea legilor fizicii vă poate da încredere în confruntarea cu persoanele arogante. Acum câțiva ani beam o ceașcă de cacao fierbinte într-un bar din Pasadena, California. Comandasem una cu frișcă, bineînțeles. Când am primit-o, nu era nici urmă de frișcă. După ce i-am spus că mi-a dat cacao simplă, chelnerul mi-a răspuns că frișca nu se vede, pentru că s-a dus la fund. Dat fiind că frișca are o densitate mică și plutește în oricare dintre lichidele pe care le consumă oamenii, am lăsat la alegerea chelnerului una din două explicații: fie cineva a uitat să pună frișcă în cacaua mea, fie legile universale ale fizicii sunt altele în restaurantul respectiv. Nu prea convins, a venit cu un recipient cu frișcă, pentru a-și demonstra afirmația. După ce s-a cufundat puțin în lichid, frișca a rămas la suprafață.

Ce dovadă ar fi putut fi mai bună pentru universalitatea legilor fizicii?

3. Să fie lumină

După Big Bang, principala prioritate a cosmosului a fost expansiunea, diluând tot mai mult concentrarea de energie care umplea spațiul. Cu fiecare clipă, universul creștea puțin, se răcea puțin și devenea ceva mai puțin luminos. Între timp, materia și energia coabitau într-un fel de supă opacă, în care electronii liberi împrăștiau întruna fotonii în toate direcțiile.

Așa au stat lucrurile preț de 380 000 de ani.

În această epocă incipientă, fotonii nu călătoreau prea mult ca să întâlnească vreun electron. Pe atunci n-am fi putut privi în univers. Orice foton am fi detectat, ar fi fost deviat de un electron chiar sub nasul nostru cu o nano- sau o picosecundă[1] mai devreme. Din moment ce asta era cea mai mare distanță pe care informația o putea străbate înainte de a ajunge la ochi, întregul univers era pur și simplu o ceață opacă strălucitoare, indiferent în ce direcție am fi privit. Soarele și toate celelalte stele au același comportament.

Pe măsură ce temperatura scade, particulele se mișcă tot mai încet. Și astfel, chiar în acea perioadă, când temperatura universului a scăzut sub 3 000 de grade Kelvin, electronii au încetinit suficient pentru a fi captați de protonii care treceau pe lângă ei, formând astfel atomi în toată regula și permițând fotonilor hărțuiți până atunci să se elibereze, călătorind fără întreruperi de-a lungul și de-a latul universului.

Acest „fundal cosmic“ reprezintă încarnarea luminii rămase din uimitorul și sfârâitorul univers incipient. I se poate atribui o temperatură, pornind de la segmentul de spectru pe care îl alcătuiesc fotonii dominanți. Pe măsură ce cosmosul a continuat să se răcească, fotonii născuți în partea vizibilă a spectrului au pierdut energie prin extinderea universului și în cele din urmă au coborât în spectru, devenind fotoni infraroșii. Chiar dacă au devenit tot mai slabi, fotonii de lumină vizibilă nu au încetat să fie fotoni.

Ce urmează în spectru? Astăzi, universul s-a extins de 1 000 de ori față de perioada în care au fost eliberați fotonii, așa că și fundalul cosmic s-a răcit, la rândul lui, de 1 000 de ori. Toți fotonii de lumină vizibilă au rămas cu a mia parte din energia de atunci. Acum sunt microunde, de unde vine și expresia modernă „fundalul cosmic de microunde“, pe scurt FCM. Dacă fenomenul continuă, peste 50 de miliarde de ani astrofizicienii vor scrie despre fundalul de unde radio al cosmosului.

Când străluceşte datorită căldurii, un obiect emite lumină în toate regiunile spectrului, dar o să aibă întotdeauna un vârf într-o anumită parte. Becurile obişnuite care încă mai folosesc filamente metalice strălucitoare au un vârf de emisie în infraroşu, motiv pentru care sunt ineficiente ca sursă de lumină vizibilă. Simţurile noastre detectează undele infraroşii doar sub forma căldurii de pe piele. Revoluţia LED în tehnologia iluminatului creează lumină vizibilă pură fără a irosi energie în părţile invizibile ale spectrului. Aşa ajungem să citim pe ambalaj fraze aparent nebuneşti, potrivit cărora „7 waţi LED echivalează cu 60 de waţi lumină incandescentă“.

Ca rămăşiţe ale unei stări foarte strălucitoare, FCM-ul are „profilul“ pe care îl aşteptăm de la un obiect radiant aflat în răcire: atinge vârful într-un segment al spectrului, dar radiază şi în toate celelalte. În acest caz, pe lângă vârful atins în microunde, FCM-ul are şi puţine unde radio şi un număr tot mai mic de fotoni cu energie mai înaltă.

La jumătatea secolului XX, subdomeniul cosmologiei — a nu se confunda cu cosmetologia — nu avea prea multe informaţii. Iar acolo unde informaţiile sunt puţine, ideile concurente fundamentate pe inteligenţă şi dorinţă sunt abundente. Existenţa fundalului cosmic de microunde a fost prezisă de fizicianul american de origine rusă George Gamow şi de colegii lui în anii ’40. Fundamentul acestor idei l-a constituit o lucrare din 1927 a fizicianului şi preotului belgian Georges Lemaître, care e recunoscut ca „părintele“ cosmologiei Big Bang. Însă fizicienii americani Ralph Alpher şi Robert Herman au fost cei care, în 1948, au estimat valoarea temperaturii fundalului cosmic. Ei şi-au bazat calculele pe trei piloni: 1) Teoria relativităţii generale, formulată de Einstein în 1916; 2) Descoperirea faptului că universul e în expansiune, realizată de Edwin Hubble în 1929; 3) Fizica atomică dezvoltată în laboratoare înainte şi după Proiectul Manhattan, prin care s-a construit bomba atomică din al Doilea Război Mondial.

Herman şi Alpher au calculat şi propus o temperatură de 5 grade Kelvin pentru univers. Ei bine, acest rezultat e totalmente greşit. Temperatura măsurată precis a acestor microunde este de 2,725 grade — menţionată adesea mai simplu, ca 2,7 grade —, iar dacă nu vă descurcaţi prea bine cu cifrele nimeni nu o să vă reproşeze faptul că rotunjiţi temperatura universului la 3 grade Kelvin.

Să facem o scurtă paranteză. Herman şi Alpher au folosit fizica atomică proaspăt produsă în laborator aplicându-i condiţiile ipotetice din universul incipient. De acolo au extrapolat la miliarde de ani după, calculând temperatura pe care ar

trebui să o aibă universul astăzi. Faptul că predicţia lor a aproximat, chiar dacă nu prea corect, răspunsul exact este un succes uimitor al forţei de pătrundere a minţii umane. Puteau să ajungă la un rezultat de zece sau de o sută de ori mai îndepărtat de cel real sau chiar la un rezultat imposibil. Comentând această realizare, astrofizicianul american J. Richard Gott a observat: „Prezicerea existenţei fundalului şi găsirea unei valori de aproape două ori mai mare decât cea reală pot fi ilustrate astfel: am prezis că o farfurie zburătoare lată de 15 metri o să aterizeze pe peluza Casei Albe, în schimb, a aterizat una de 8 metri“.

*

Prima observare directă a FCM a fost făcută din întâmplare în 1964 de fizicienii americani Arno Penzias şi Robert Wilson, de la Bell Telephone Laboratories, divizia de cercetare a companiei AT&T. În anii ’60, toată lumea ştia despre microunde, dar nu prea avea nimeni tehnologia necesară pentru detectarea lor. Laboratoarele Bell, care au făcut muncă de pionierat în industria comunicaţiilor, au construit o antenă zdravănă, în formă de pâlnie, destinată exact acestui scop.

Dar mai întâi, dacă vrem să trimitem sau să recepţionăm un semnal, nu avem nevoie de foarte multe surse de contaminare. Penzias şi Wilson au încercat să măsoare interferenţa microundelor de fundal care ajungeau la receptorul lor, încercând să obţină o comunicare clară, lipsită de zgomot, în această bandă a spectrului. Nu erau cosmologi, ci pasionaţi de tehnologie, care doreau să perfecţioneze un receptor de microunde, fără să aibă cunoştinţă despre predicţiile făcute de Gamow, Herman şi Alpher.

Penzias şi Wilson nu căutau în niciun caz fondul cosmic de microunde. Încercau doar să deschidă un nou canal de comunicaţii pentru AT&T.

Cei doi au efectuat experimentul eliminând din calcule toate sursele de interferenţă terestră şi cosmică pe care le-au putut identifica, dar o parte a semnalului nu a vrut să dispară, iar ei nu au găsit nicio cale de a scăpa de acesta. În cele din urmă, s-au uitat în farfuria antenei şi au văzut că nişte porumbei îşi făcuseră cuib acolo. Au crezut că o substanţă dielectrică albă (găinaţul de porumbel) ar putea fi responsabilă de semnalul respectiv, fiindcă îl detectau

indiferent de direcţia în care întorceau antena. Au curăţat cu atenţie substanţa dielectrică, şi interferenţa a scăzut puţin, dar tot a rămas un semnal. Articolul pe care l-au publicat în 1965 în Astrophysical Journal a vorbit doar despre o inexplicabilă „temperatură în exces a antenei“.[1]

Între timp, o echipă de fizicieni de la Princeton, condusă de Robert Dicke, construia un detector special pentru găsirea FCM-ului. Dar ei nu aveau resursele Laboratoarelor Bell, aşa că munca mergea mai încet. În momentul în care Dicke şi colegii lui au auzit de lucrarea lui Penzias şi Wilson, echipa de la Princeton şi-a dat imediat seama ce era cu acea temperatură în exces a antenei. Totul se lega, mai ales temperatura şi semnalul care venea din toate direcţiile posibile.

În 1978, Penzias şi Wilson au câştigat Premiul Nobel pentru descoperirea lor. Iar în 2006, astrofizicienii americani John C. Mather şi George F. Smoot aveau să-şi împartă Premiul Nobel pentru observarea fondului cosmic de microunde pe o gamă largă a spectrului, urcând cosmologia de la rangul unui bazin de idei inteligente, dar neverificate, la acela de domeniu al ştiinţei experimentale precise.

*

Deoarece lumina are nevoie de timp pentru a ajunge la noi din locurile îndepărtate din univers, dacă ne uităm în adâncul spaţiului vedem de fapt foarte departe înapoi în timp. Aşa că, dacă locuitorii inteligenţi ai unei galaxii foarte îndepărtate ar măsura temperatura radiaţiei de fond a cosmosului în momentul surprins de observaţia noastră, ar trebui să obţină o valoare mai mare de 2,7 grade, fiindcă trăiesc într-un univers mai tânăr, mai mic şi mai încins decât cel în care trăim noi.

A reieşit că această ipoteză poate fi testată. Molecula de cianogen CN (folosită cândva pe condamnaţii la moarte, ca substanţă activă a gazului administrat acestora) intră în stare de excitaţie în urma expunerii la microunde. Dacă microundele sunt mai calde decât cele din FCM-ul nostru, excită molecula ceva mai mult. În modelul Big Bang, cianogenul din galaxiile îndepărtate, mai tinere, este îmbăiat într-un fundal cosmic mai cald decât cianogenul din Calea Lactee.

Și este exact ceea ce observăm și noi.

Asemenea lucruri nu pot fi inventate.

Dar de ce ne-ar interesa lucrurile astea? Universul a fost opac 380 000 de ani după Big Bang, așa că nu am fi putut vedea formarea materiei nici măcar dacă am fi avut locuri în față. Nu am fi putut vedea de unde au început să se formeze roiurile de galaxii și golurile dintre acestea. Înainte ca să fi reușit cineva să vadă ceva demn de a fi văzut, fotonii ar fi trebuit să se poată deplasa fără piedici prin univers, ca purtători ai acestei informații.

Punctul în care fiecare foton și-a început călătoria prin cosmos este acela în care a lovit ultimul electron pe care l-a întâlnit în cale — „punctul ultimei împrăștieri“. Pe măsură ce tot mai mulți fotoni au scăpat neloviți, s-a creat o „suprafață“ tot mai mare de „ultime împrăștieri“, cu o adâncime de aproximativ 120 000 de ani. Aceasta este suprafața unde s-au născut toți atomii din univers: electronii s-au unit într-un nucleu atomic, și un mic puls de energie sub forma unui foton a pornit în aventura traversării spațiului.

În acel moment, unele regiuni ale universului începuseră deja să se aglutineze, prin atracția gravitațională dintre părțile lor componente. Fotonii împrăștiați ultimii de electronii din aceste regiuni au ajuns la un profil diferit, ceva mai rece decât al celor împrăștiați de electronii mai puțin sociabili din mijlocul pustiului. Acolo unde s-a acumulat materie, forța gravitațională a crescut, permițând acumularea a tot mai multă materie. Aceste regiuni sunt semințele din care s-au format superroiurile de galaxii. Celelalte au rămas relativ goale.

Dacă facem o hartă detaliată a fundalului cosmic de microunde, descoperim că acesta nu este complet unitar. Are locuri în care e ceva mai cald sau mai rece decât media. Studiind aceste variații de temperatură ale FCM-ului — adică studiind structura suprafeței ultimei împrăștieri —, putem deduce structura și conținutul materiei din universul incipient. Pentru a înțelege cum au luat naștere aceste sisteme folosim sonda noastră cea mai bună, FCM-ul — o capsulă puternică a timpului care le permite astrofizicienilor să reconstruiască istoria cosmosului. Studierea tiparelor radiației de fond se aseamănă cu efectuarea unui fel de frenologie cosmică, în care analizăm protuberanțele craniene ale universului infantil.

Când adăugăm și alte observații asupra universului contemporan sau îndepărtat,

FCM-ul ne permite să decodăm tot felul de proprietăţi cosmice fundamentale. Când comparăm distribuţia dimensiunilor şi temperaturilor din zonele mai calde sau mai reci, putem deduce cât de puternică a fost forţa gravitaţională în momentul respectiv şi cât de rapid s-a acumulat materia acolo, ceea ce ne permite apoi să deducem cât de multă materie obişnuită, materie neagră şi energie neagră există în univers. Din aceste date putem apoi să ne dăm seama simplu dacă universul se va extinde veşnic sau nu.

*

Materia obişnuită este cea din care suntem făcuţi cu toţii. Are gravitaţie şi interacţionează cu lumina. Materia neagră este o substanţă misterioasă care are gravitaţie, dar nu interacţionează cu lumina în vreun fel care ne este cunoscut. Energia neagră este o presiune misterioasă din vidul spaţial care acţionează în direcţia opusă gravitaţiei, făcând universul să se extindă mai repede decât ar fi făcut-o în absenţa ei.

Examinarea frenologică făcută de noi ne permite să spunem că înţelegem cum s-a comportat universul, dar că cea mai mare parte din el e făcută din materie despre care nu avem nicio idee. Dincolo de zonele extinse de ignoranţă, astăzi, ca niciodată, cosmologia are un punct de sprijin, deoarece FCM-ul ne deschide un portal prin care am păşit cu toţii. Este un punct în care au avut loc fenomene fizice interesante. Datorită lui am aflat cum era universul înainte şi după ce lumina a fost eliberată.

Simpla descoperire a fundalului cosmic de microunde a transformat cosmologia în ceva mai mult decât mitologie. Însă harta detaliată şi exactă a acestui fundal este cea care a făcut din cosmologie o ştiinţă modernă. Cosmologii sunt foarte orgolioşi. Cum ai putea să nu fii atunci când ai sarcina de a deduce cum a apărut universul? Fără date exacte, explicaţiile lor erau simple ipoteze. Acum fiecare observaţie nouă, fiecare bucăţică de informaţie mânuiesc o sabie cu două tăişuri: permite cosmologiei să înflorească pe baza aceloraşi fundamente de care se bucură şi restul ştiinţei, dar afectează şi anumite teorii pe care le-am emis atunci când nu am avut suficiente informaţii pentru a spune dacă ipotezele sunt sau nu corecte.

Nicio știință nu ajunge la maturitate fără asta.

4. Între galaxii

Pe marele răboj al componentelor cosmice numărăm de obicei galaxiile. Ultimele estimări spun că universul observabil ar putea conține o sută de miliarde de galaxii. Strălucitoare și frumoase, pline de stele, galaxiile decorează golul întunecat al spațiului ca orașele de pe Pământ în timpul nopții. Dar cât de gol este acest spațiu gol? (Cât de pustii sunt zonele dintre orașe?) Doar pentru că avem dinaintea ochilor galaxiile și pentru că ele ne fac să credem că nimic altceva nu contează nu putem considera că universul nu mai conține lucruri mai greu detectabile între galaxii. Poate că acele lucruri sunt mai interesante sau mai importante pentru evoluția universului decât galaxiile înseși.

Galaxia noastră spiralată, Calea Lactee, este numită astfel datorită aspectului de lapte vărsat pe cerul nopții terestre. Chiar cuvântul grecesc galaxias, din care e derivat „galaxie“, înseamnă „lăptos“. Cele mai apropiate două galaxii, aflate la 600 000 de ani-lumină de noi, sunt mici și au formă neregulată. Jurnalul de bord al navei lui Magellan identifica aceste obiecte cosmice în timpul celebrului voiaj în jurul lumii din 1519. În onoarea lui, le numim Marele și Micul Nor al lui Magellan. Sunt vizibile în special din emisfera sudică a Pământului și seamănă cu o pereche de nori care pătează cerul înapoia stelelor. Cea mai apropiată galaxie mai mare decât a noastră se află la două milioane de ani-lumină, dincolo de stelele care compun Constelația Andromeda. Această galaxie spiralată, numită odinioară Marea Nebuloasă Andromeda, este, într-un fel, geamăna mai mare și mai luminoasă a Căii Lactee. De remarcat că aceste nume nu fac nicio trimitere la existența stelelor: Calea Lactee, Norii lui Magellan și Nebuloasa Andromeda au fost descoperite înainte de inventarea telescopului, așa că nu se putea desluși faptul că erau compuse din stele.

*

Așa cum o să vedem în capitolul 9, fără ajutorul telescoapelor care operează în mai multe benzi de lumină, am putea declara și azi că spațiul dintre galaxii e gol. Însă cu sprijinul detectoarelor și al teoriilor moderne am sondat zona rurală a cosmosului, unde au ieșit la iveală tot felul de lucruri greu de detectat: galaxii pitice, stele fugare, stele fugare care explodează, gaze de milioane de grade care emit radiații X, materie neagră, galaxii albastre palide, nori de gaz omniprezenți,

particule încărcate cu energie înaltă și o misterioasă energie a vidului cuantic. Cu o listă ca asta am putea spune că toată distracția din univers are loc între galaxii, nu în ele.

În orice volum de spațiu observat științific, galaxiile pitice sunt mai numeroase de peste zece ori decât galaxiile mari. Primul eseu despre univers pe care l-am scris, la începutul anilor ’80, se numea „Galaxia și cei șapte pitici“. Făcea trimitere la familia miniaturală din vecinătatea Căii Lactee. De atunci lista galaxiilor pitice apropiate a crescut până la zeci de nume. Dacă galaxiile în toată legea conțin sute de miliarde de stele, cele pitice pot avea și un milion, ceea ce le face de o sută de mii de ori mai greu de detectat. Nu e de mirare că încă le mai descoperim, chiar sub nasul nostru.

Imaginile galaxiilor pitice care nu mai fabrică stele arată ca niște pete mărunte și neinteresante. Piticele care mai fabrică stele au formă neregulată și, s-o spunem cinstit, au un aspect jalnic. Galaxiile pitice au trei atribute care împiedică detectarea lor. Sunt mici, deci pot fi trecute ușor cu vederea atunci când seducătoarele galaxii spiralate concurează cu ele pentru atenția noastră. Sunt mai puțin strălucitoare, așa că sunt ușor de ratat în observările care se desfășoară cu un prag minim de strălucire. În sfârșit, au o densitate stelară mică, ceea ce nu prea contrastează cu strălucirea luminilor ambientale din atmosfera nocturnă terestră și cu alte surse de lumină. Toate aceste lucruri sunt reale. Însă, de vreme ce piticele depășesc numeric galaxiile „normale“, poate că ar trebui să revizuim definiția normalului.

Cele mai multe galaxii pitice (cunoscute) se află în apropierea unor galaxii mai mari, gravitând pe orbită în jurul acestora, ca niște sateliți. Cei doi Nori ai lui Magellan fac parte din familia de pitice a Căii Lactee. Dar viețile galaxiilor-satelit pot fi foarte aventuroase. Cele mai multe modele computerizate ale orbitelor acestora indică o dezagregare lentă, care în cele din urmă duce la sfâșierea și înghițirea nefericitelor pitice de către galaxia principală. Calea Lactee a fost implicată în cel puțin un act de canibalism în ultimul miliard de ani: a mistuit o galaxie pitică ale cărei rămășițe încă se mai pot vedea, ca un șir de stele care gravitează în jurul centrului galactic, dincolo de stelele din Constelația Săgetătorul. Sistemul e numit Galaxia Pitică din Săgetător, dar poate ar fi trebuit numit Prânzul.

În mediul de roiuri cu densitate mare se întâmplă în mod obișnuit ca două sau mai multe galaxii mari să intre în coliziune și să lase în urmă o mizerie de

proporţii titanice: structuri spiralate complet desfigurate, explozii ale regiunilor în care se formează stele, provocate de ciocnirea violentă a norilor de gaze şi sute de milioane de stele şi milioane de stele proaspăt scăpate de sub atracţia ambelor galaxii, împrăştiate în toate direcţiile. Unele stele se adună ca să formeze aglomerări care ar putea fi considerate galaxii pitice. Altele plutesc mai departe în derivă. Cam 10% dintre toate galaxiile mari conţin dovezi ale unei întâlniri gravitaţionale importante cu o altă galaxie mare, iar acest procent poate fi de cinci ori mai ridicat în rândul galaxiilor din roiuri.

Dat fiind tot acest peisaj violent, câte resturi galactice plutitoare ajung în spaţiul intergalactic, mai ales între cel dintre roiuri? Nu ştie nimeni cu certitudine. Măsurătorile sunt foarte dificile, fiindcă stelele izolate sunt prea întunecate ca să poată fi detectate individual. Trebuie să ne bazăm pe detectarea strălucirii palide produse de lumina combinată a tuturor stelelor. De fapt, observarea roiurilor detectează o astfel de strălucire între galaxii, ceea ce sugerează că s-ar putea să existe tot atâtea stele hoinare, fără domiciliu, câte sunt şi în galaxii.

Pentru dovezi în plus în acest sens am descoperit (fără să le căutăm) peste o duzină de supernove care au explodat departe de ceea ce presupunem noi că ar fi fost galaxia „gazdă“. În galaxiile obişnuite, pentru fiecare stea care explodează astfel există între o sută de mii şi un milion care nu explodează, aşa că supernovele izolate pot trăda populaţii întregi de stele nedetectate. Supernovele sunt stele care s-au făcut ţăndări, sporindu-şi astfel temporar (vreme de câteva săptămâni) luminozitatea de un miliard de ori, ceea ce le face vizibile în tot universul. O duzină de supernove hoinare nu înseamnă mare lucru, dar s-ar putea ca multe altele să aştepte să le descoperim, de vreme ce majoritatea observaţiilor care au ca obiect supernovele monitorizează sistematic doar galaxiile, nu şi spaţiul dintre ele.

*

Roiurile conţin ceva mai mult decât galaxiile care le alcătuiesc şi nişte stele fugare. Măsurătorile efectuate cu telescoape sensibile la raze X au scos la iveală în interiorul roiurilor gaze cu temperaturi de milioane de grade care umplu spaţiul. Sunt atât de fierbinţi, încât strălucesc puternic în banda de raze X a

spectrului. Mișcarea prin acest mediu a galaxiilor bogate în gaze le jupoaie până la urmă pe acestea tocmai de gazele respective, forțându-le să renunțe la capacitatea de a fabrica stele noi. Asta ar putea fi o explicație. Dar, în cazul celor mai multe roiuri, atunci când calculăm masa totală prezentă în acest gaz încins, constatăm că depășește masa tuturor galaxiilor din roi de aproximativ zece ori. Mai rău, roiurile sunt copleșite de materie neagră, care, la rândul ei, conține o masă de până la zece ori mai mare decât orice altceva. Cu alte cuvinte, dacă telescoapele ar observa masa, nu lumina, prețuitele noastre galaxii din roiuri ar părea niște pauze nesemnificative într-o uriașă bulă sferică de forțe gravitaționale.

În restul spațiului, în afara roiurilor galactice, există o populație recent descoperită de galaxii care au înflorit cu mult timp în urmă. Cum am mai spus, căutarea prin cosmos seamănă cu căutările geologilor în straturi de sedimente, unde se poate citi foarte bine istoria formării rocilor. Distanțele cosmice sunt atât de mari, încât timpul necesar pentru ca lumina să ajungă la noi poate fi de milioane sau chiar de miliarde de ani. Când universul avea jumătate din vârsta actuală, existau niște galaxii de dimensiuni intermediare, foarte albastre și foarte palide. Le vedem. Ne salută dintr-un timp foarte îndepărtat, reprezentând galaxii aflate la distanțe imense. Albastrul lor vine de la strălucirea stelelor formate recent, cu viață scurtă, masă mare, temperatură mare și luminozitate ridicată. Galaxiile sunt palide nu doar fiindcă sunt îndepărtate, ci și pentru că populația lor de stele luminoase era redusă. Ca dinozaurii dispăruți, care au lăsat ca singuri descendenți păsările, galaxiile albastre palide nu mai există, dar se presupune că au un omolog în universul de azi. S-au stins toate stelele din ele? Au devenit corpuri invizibile care rătăcesc prin univers? Au evoluat până la cunoscutele galaxii pitice de azi? Ori au fost înghițite de galaxii mai mari? Nu știm, însă locul lor în cronologia istoriei cosmice este sigur.

Cu atâta materie între galaxiile mari, ne-am putea aștepta ca o parte dintre aceasta să ne împiedice să vedem ce se află dincolo. Asta ar putea fi o problemă în calea observării celor mai depărtate obiecte din univers, cum ar fi quasarii. Aceștia sunt nuclee galactice superluminoase, a căror lumină călătorește de obicei prin spațiu miliarde de ani înainte de a ajunge la telescoapele noastre. Ca surse de lumină foarte îndepărtate, reprezintă cobaiul ideal pentru detectarea resturilor aflate între ele și noi.

Bineînțeles, atunci când separăm lumina quasarilor în culorile componente, desfășurând un spectru, descoperim că acesta este afectat de prezența absorbantă

a norilor de gaze interpuși. Fiecare quasar cunoscut, indiferent de zona de pe cer în care se află, prezintă trăsăturile a zeci de nori izolaţi de hidrogen, împrăștiaţi în timp și spațiu. Această clasă unică de obiecte intergalactice a fost identificată prima oară la începutul anilor ’80 și continuă să fie și azi o zonă activă a cercetării astrofizice. De unde au apărut? Ce masă au?

Fiecare quasar cunoscut prezintă trăsăturile hidrogenului, de unde tragem concluzia că norii de hidrogen sunt răspândiţi în tot universul. Și, așa cum era de așteptat, cu cât este mai departe quasarul, cu atât sunt mai mulţi nori prezenți în spectru. Unii dintre norii de hidrogen (sub 1%) sunt pur și simplu consecința faptului că direcția pe care privim trece prin gazul din galaxiile obișnuite spiralate sau prin cele neregulate. V-aţi aștepta, desigur, ca o parte cel puțin dintre quasari să fie ascunși după lumina galaxiilor obișnuite care sunt prea îndepărtate ca să fie detectate. Însă restul factorilor care absorb lumina nu pot fi confundaţi cu alte obiecte cosmice.

Între timp, lumina quasarilor trece de regulă prin regiuni ale spațiului care conțin surse de gravitație monstruoasă, care denaturează imaginea quasarului. Acestea sunt adesea greu de detectat, fiindcă pot fi compuse din materie obișnuită care e pur și simplu prea puțin strălucitoare și prea îndepărtată sau pot fi zone de materie neagră, ca aceea care ocupă centrul roiurilor galactice și regiunile din jurul acestuia. Oricare ar fi cazul, acolo unde există masă există și gravitație. Iar unde există gravitație, există spațiu curbat, conform teoriei relativității generale a lui Einstein. Iar unde este curbat, spațiul poate imita curbura unei lentile din sticlă obișnuită, perturbând traiectoria luminii care îl traversează. Quasari îndepărtaţi și galaxii întregi au fost „cenzurate“ de astfel de obiecte care s-au aflat pe direcția telescopului. În funcție de masa lentilei și de orientarea direcției de observație, perturbarea poate consta într-o mărire, distorsionare sau chiar spargere a sursei de lumină din fundal în mai multe imagini, ca într-un joc de oglinzi.

Unul dintre cele mai îndepărtate obiecte (cunoscute) din univers nu este un quasar, ci o galaxie obișnuită, a cărei lumină slabă a fost amplificată semnificativ de o astfel de lentilă gravitațională. Am putea așadar să ne bazăm pe astfel de telescoape „intergalactice“ ca să tragem cu ochiul acolo unde (și când) telescoapele obișnuite nu pot ajunge, obținând astfel noi recorduri de distanță cosmică.

*

Tuturor le place spațiul intergalactic, dar o plimbare pe acolo ar putea fi periculoasă pentru sănătatea voastră. Să trecem peste faptul că ați muri înghețați, în timp ce corpul încearcă să găsească un echilibru între căldura lui și temperatura de 3 grade Kelvin a universului. Să trecem și peste faptul că celulele sangvine vor exploda și, în lipsa presiunii atmosferice, vă veți sufoca. Astea sunt pericole obișnuite. Din departamentul de evenimente exotice, spațiul intergalactic este străpuns regulat de impresionante particule subatomice rapide și superîncărcate cu energie. Le numim „raze cosmice“. Particulele cu cea mai înaltă energie conțin de o sută de milioane de ori mai multă energie decât aceea care poate fi generată în cele mai mari acceleratoare de particule din lume. Originea lor continuă să rămână un mister, dar cele mai multe dintre aceste particule sunt protoni, nuclee ale atomilor de hidrogen, și se deplasează cu 99,99999999999999999% din viteza luminii. Remarcabil e faptul că aceste particule subatomice izolate au suficientă energie pentru a trimite direct la țintă o minge de golf din orice punct al zonei din jurul găurii.

Poate că prezența cea mai exotică dintre (și printre) galaxii în vidul spațiului și timpului este oceanul clocotitor de particule virtuale — perechi nedetectabile de materie și antimaterie, care apar și dispar instantaneu. Această predicție ciudată a mecanicii cuantice a fost numită „energia vidului“ și se manifestă ca o presiune opusă gravitației, înflorind în absența totală a materiei. Universul aflat în accelerare, întruchipare a energiei negre, ar putea fi pus în mișcare chiar de această energie a vidului.

Da, spațiul intergalactic este și va fi întotdeauna locul în care are loc acțiunea.

5. Materia neagră

Gravitația, cea mai cunoscută dintre forțele naturii, ne oferă în același timp cele mai frumoase și cele mai puțin înțelese fenomene din natură. A fost nevoie de mintea celui mai strălucit și influent savant al mileniului, Isaac Newton, pentru a înțelege că misterioasa „acțiune la distanță“ a gravitației răsare din efectele naturale ale fiecărui grăunte de materie și că forțele de atracție dintre două obiecte pot fi descrise de o ecuație algebrică simplă. A fost nevoie de mintea celui mai strălucit și influent savant al secolului trecut, Albert Einstein, pentru a arăta că putem descrie mai corect „acțiunea la distanță“ a gravitației ca deformare a structurii spațiu–timp produsă de o combinație de materie și energie. Einstein a demonstrat că teoria lui Newton are nevoie de ajustări pentru a descrie corect gravitația. De exemplu, pentru a prezice cât de mult se curbează razele de lumină care trec pe lângă un obiect uriaș. Chiar dacă ecuațiile lui Einstein sunt mai complicate decât ale lui Newton, ele se potrivesc foarte bine materiei pe care am ajuns să o cunoaștem și să o apreciem: materia pe care o putem vedea, atinge, simți, mirosi și, uneori, gusta.

Nu știm care va fi următorul geniu, dar așteptăm deja de aproape un secol să ne spună cineva de ce grosul întregii forțe gravitaționale pe care o putem măsura în univers — cam 85% — provine din substanțe care nu interacționează cu materia și energia pe care le cunoaștem. Sau poate că excesul de gravitație nu provine deloc din materie și energie, ci din vreun lucru cu totul diferit conceptual. În orice caz, nu avem nicio idee în privința asta. Astăzi nu suntem mai aproape de un răspuns la această problemă a „masei lipsă“ decât eram atunci când a fost analizată pe deplin, în 1937, de către astrofizicianul elvețiano-american Fritz Zwicky, care a predat la California Institute of Technology mai bine de patruzeci de ani, combinând viziunile lui profunde despre cosmos cu niște mijloace de exprimare vii și o impresionantă capacitate de a-și înfrunta colegii.

Zwicky a studiat mișcarea galaxiilor individuale într-un roi uriaș situat mult dincolo de stelele care alcătuiesc constelația Coma Berenices („părul Berenicei“, o regină din Egiptul antic). Roiul Coma, așa cum îl numim, este un ansamblu de galaxii izolat și dens populat situat la vreo 300 de milioane de ani-lumină de Pământ. Cele o mie de galaxii care îl compun gravitează în jurul centrului în toate direcțiile, ca albinele într-un stup. Folosind ca reper mișcarea câtorva zeci de galaxii pentru a detecta câmpul gravitațional care ține la un loc întregul roi, Zwicky a descoperit că viteza lor medie are o valoare uluitor de mare. De vreme ce forțele gravitaționale mai mari imprimă viteze mai mari obiectelor pe care le atrag, Zwicky a dedus că în centrul roiului Coma există o masă enormă. Pentru a

verifica această ipoteză, putem aduna masele tuturor componentelor vizibile ale galaxiei. Însă, chiar dacă Roiul Cosiței se numără printre cele mai mari din univers, nu conține suficiente galaxii vizibile care să explice vitezele remarcate de Zwicky.

Cât de gravă e situația? Poate ne-am înșelat în privința legilor gravitației? Cu siguranță aceste legi sunt valabile în sistemul solar. Newton a demonstrat că, la orice distanță față de Soare, se poate calcula viteza pe care trebuie să o aibă o planetă pentru a rămâne stabilă pe orbită, așa încât nici să nu fie atrasă de Soare, nici să nu se îndepărteze. A reieșit că, dacă am putea da un impuls Pământului pentru a căpăta o viteză orbitală echivalentă cu cea actuală înmulțită cu rădăcina pătrată a lui doi (1,4142...), planeta noastră ar atinge viteza necesară pentru a evada din sistemul solar. Putem aplica același raționament la sisteme mult mai mari, cum ar fi galaxia noastră, în care stelele se deplasează pe orbite afectate de gravitația tuturor celorlalte stele, sau roiurilor de galaxii, unde, de asemenea, fiecare galaxie resimte gravitația tuturor celorlalte. În acest spirit, printre formulele din carnețelul lui, Einstein a scris câteva versuri (care rimează mai mult în germană decât în traducere) în onoarea lui Isaac Newton:

Privim la stele să ne-nvețe

Cât se mișcă preasemețe

Fără să se-abată-un ton

De la legile lui Newton.[1]

Când examinăm roiul Coma, așa cum a făcut-o Zwicky în anii ’30, descoperim că galaxiile care îl compun se deplasează cu o viteză mult mai ridicată decât cea necesară pentru a evada din roi. Prin urmare, roiul ar fi trebuit să se destrame, lăsând în urmă, în câteva sute de milioane de ani, câteva urme slabe ale existenței sale de stup. Însă roiul are o vârstă de peste zece miliarde de ani, fiind aproape la fel de vârstnic ca universul însuși. Așa s-a născut cel mai vechi mister nerezolvat al astrofizicii.

*

În deceniile care au urmat observațiilor lui Zwicky s-a descoperit aceeași problemă și în alte roiuri de galaxii, așa că nu mai putem spune că roiul Coma e deosebit. Atunci ce sau cine ar trebui să fie de vină? Newton? N-aș spune asta. Teoriile lui au fost verificate vreme de 250 de ani și au trecut toate testele. Einstein? Nu. Gravitația extraordinară a roiurilor de galaxii nu este suficient de puternică pentru a invoca teoria relativității generale, care avea doar două decenii atunci când și-a făcut Zwicky cercetările. Poate că „masa lipsă“ de care avem nevoie pentru a ține pe loc galaxiile din roiul Coma există, dar într-o formă necunoscută, invizibilă. Astăzi folosim apelativul „materie neagră“, care nu susține că lipsește ceva, însă presupune că trebuie să existe o materie de un tip necunoscut, care așteaptă să fie descoperită.

Tocmai când astrofizicienii au acceptat materia neagră din roiurile de galaxii ca pe un lucru misterios, problema a ieșit din nou la suprafață. În 1976, Vera Rubin, astrofizician la Carnegie Institution din Washington, a descoperit o anomalie similară: o „masă lipsă“ în galaxiile spiralate. Studiind vitezele cu care stelele se deplasează pe orbită în jurul centrelor galaxiilor, Rubin a descoperit mai întâi un lucru la care se aștepta: în discul vizibil al fiecărei galaxii, stelele mai depărtate de centru se deplasează mai repede decât cele mai apropiate. Stelele mai îndepărtate au între ele și centrul galaxiei mai multă materie (stele și gaze), ceea ce le permite să atingă viteze orbitale mai mari. Totuși, dincolo de discul luminos al galaxiei, astronomii pot detecta nori gazoși izolați și câteva stele strălucitoare. Folosind aceste obiecte ca repere pentru a determina câmpul gravitațional din afara celor mai luminoase părți ale galaxiei, unde nu se mai poate adăuga materie vizibilă la total, Rubin a descoperit că vitezele orbitale ale acestor corpuri, care ar trebui să scadă odată cu creșterea distanței față de zona mai strălucitoare, rămân ridicate.

Aceste volume de spațiu în mare parte gol — regiunile rurale îndepărtate ale galaxiilor — conțin prea puțină materie vizibilă pentru a explica vitezele orbitale anormale ale reperelor. Rubin a judecat corect: în acele regiuni îndepărtate, care se întind mult dincolo de marginea vizibilă a galaxiilor spiralate, trebuie să existe o formă de materie neagră. Mulțumită activității lui Rubin, azi putem numi aceste zone misterioase „halouri de materie neagră“.

Această problemă a halourilor se găsește sub nasul nostru, chiar în Calea Lactee. Între o galaxie și alta, între un roi și altul, gama diferențelor de ordin de mărime dintre masa obiectelor vizibile și masa totală estimată după determinarea gravitației se întinde de la de câteva ori până la de câteva sute de ori. În întregul univers, factorul mediu de discrepanță este de șase: materia neagră cosmică are o gravitație de aproximativ șase ori mai mare decât materia vizibilă.

Cercetările suplimentare au arătat faptul că materia neagră nu poate fi materie obișnuită, care se întâmplă să fie slab luminoasă ori neluminoasă. Această concluzie se bazează pe două raționamente. Mai întâi, suntem aproape siguri că-i putem elimina pe toți candidații obișnuiți plauzibili din rândul suspecților aliniați pentru recunoaștere. Poate fi alcătuită din găuri negre? Nu. Credem că am fi putut detecta un număr atât de mare de găuri negre după efectele gravitaționale asupra stelelor apropiate. Poate fi făcută din nori întunecați? Nu, fiindcă ar fi absorbit sau ar fi interacționat altfel cu lumina de la stelele din spatele lor, lucru pe care materia neagră autentică nu îl face. Poate fi vorba despre asteroizi, comete și planete vagaboande interstelare (sau intergalactice), care nu sunt surse de lumină? E greu de crezut că masa fabricată de univers ar putea fi distribuită între planete și stele în proporție de șase la unu. Asta ar putea însemna șase mii de planete Jupiter pentru fiecare stea din galaxie sau, și mai rău, două milioane de planete Pământ. De exemplu, în sistemul nostru solar toată materia care nu face parte din Soare ajunge la mai puțin de 0,2% din masa Soarelui.

Alte dovezi nemijlocite privind natura ciudată a materiei negre provin de la cantitățile relative de hidrogen și heliu din univers. Împreună, aceste cifre oferă „amprenta cosmică“ lăsată de universul timpuriu. Aproximările destul de exacte ne arată că fuziunea nucleară din primele minute de după Big Bang a lăsat în urmă un nucleu de heliu la fiecare patru nuclee de hidrogen (care sunt simpli protoni). Calculele demonstrează că, dacă cea mai mare parte a materiei negre ar fi fost implicată în fuziunea nucleară, atunci cantitatea de heliu din univers ar fi fost mult mai mare. De aici tragem concluzia că cea mai mare parte a materiei negre — și deci a masei din univers — nu participă la fuziunea nucleară, deci nu este materie „obișnuită“, a cărei esență e dată de disponibilitatea de a participa la jocul forțelor atomice și nucleare care formează materia cunoscută de noi. Observațiile detaliate asupra fundalului cosmic de microunde, care permit o verificare separată a concluziei, dau același rezultat: materia neagră și fuziunea nucleară nu au legătură.

Astfel, din cât putem înțelege, materia neagră nu constă pur și simplu în materie

care, din întâmplare, e întunecată. E ceva cu totul diferit. Materia neagră exercită gravitație respectând aceleași reguli pe care le respectă materia obișnuită, dar nu prea face altceva care să ne permită să o detectăm. Analiza este obstrucționată de însuși faptul că nu știm ce este această materie neagră. Dacă toată masa are gravitație, presupune toată gravitația masă? Nu știm. Poate că nu e nimic în neregulă cu materia. Poate că nu înțelegem gravitația.

*

Discrepanța dintre materia neagră și cea obișnuită variază semnificativ de la un mediu astrofizic la altul, dar e mai pronunțat în entitățile mari: galaxii și roiuri de galaxii. În cazul obiectelor mici, cum ar fi planetele și sateliții, nu avem astfel de dezechilibre. De exemplu, gravitația de la suprafața Pământului poate fi explicată foarte bine de ceea ce se află sub picioarele noastre. Dacă ești supraponderal pe Pământ, nu da vina pe materia neagră. Aceasta nu are de-a face nici cu orbita Lunii în jurul Pământului, nici cu mișcările planetelor în jurul Soarelui. Dar, așa cum am văzut deja, avem nevoie de ea pentru a explica mișcarea stelelor în jurul centrului galaxiei din care fac parte.

Oare la scară galactică operează o fizică gravitațională diferită? Probabil că nu. Mai plauzibil este ca materia neagră să aibă o natură neobișnuită, pe care rămâne să o intuim și care se aglutinează mai difuz decât materia obișnuită. Altfel, am detecta gravitația aferentă bucăților concentrate de materie neagră răspândite în univers: comete de materie neagră, planete de materie neagră, galaxii de materie neagră. Din câte știm noi, lucrurile nu stau deloc așa.

Știm însă că materia pe care o apreciem în univers — cea a stelelor, planetelor și vieții — este doar o glazură de pe prăjitura cosmică, un șir de geamanduri într-un întins ocean cosmic de ceva care arată ca nimic.

*

În prima jumătate de milion de ani de după Big Bang, o clipită pentru istoria cosmică de 14 miliarde de ani, materia din univers începuse deja să se aglutineze în bule care aveau să devină roiuri și superroiuri de galaxii. În următoarea jumătate de milion de ani, dimensiunile cosmosului s-au dublat. A continuat să crească. În univers, se confruntau două efecte opuse: gravitația tinde să coaguleze materia, pe când expansiunea vrea să o dilueze. Calculele ne arată imediat că gravitația materiei obișnuite nu putea câștiga lupta de una singură. Avea nevoie de ajutorul materiei negre, fără de care am fi trăit — de fapt, n-am fi trăit — într-un univers fără structuri: fără roiuri, fără galaxii, fără stele, fără planete, fără oameni.

De câtă gravitație era nevoie din partea materiei negre? De șase ori mai multă decât cea produsă de materia obișnuită. Exact proporția măsurată de noi în univers. Analiza de față nu ne spune ce este materia neagră, dar ne spune că efectele ei sunt reale și că, oricât am încerca, nu le putem pune pe seama materiei obișnuite.

*

Așadar, materia neagră ne este un prieten-dușman. Habar n-avem ce este. Destul de supărător. Dar avem nevoie absolută de ea în calcule pentru a obține un model exact al universului. Oamenii de știință nu se simt prea bine când trebuie să-și bazeze calculele pe concepte neînțelese, dar putem face asta dacă suntem obligați. Iar materia neagră nu e prima încercare de gen. De exemplu, în secolul al XIX-lea, oamenii de știință au măsurat emisia de energie al Soarelui, arătând care sunt efectele acestei energii asupra climatului și anotimpurilor de pe Pământ, cu mult înainte de a înțelege că energia respectivă este rezultatul fuziunii termonucleare. La vremea respectivă printre cele mai mărețe idei se afla și sugestia — care azi ne face să râdem — că Soarele este un bulgăre de cărbune care arde. Tot în secolul al XIX-lea, am observat stelele, le-am determinat spectrele și le-am clasificat, cu mult înainte de apariția fizicii cuantice, care ne-a permis să înțelegem cum și de ce aceste spectre arată așa.

Scepticii neînduplecați ar putea compara materia neagră de azi cu ipoteticul — azi defunctul — „eter“ propus în secolul al XIX-lea ca mediu imponderabil și

transparent care umplea vidul spațial prin care se deplasează lumina. Până când un celebru experiment efectuat în 1887 de Albert Michelson și Edward Morley la Case Western Reserve University a demonstrat contrariul, oamenii de știință au presupus că eterul trebuie să existe, chiar dacă nu aveau nicio fărâmă de dovadă care să le susțină supoziția. Se considera că, fiind undă, lumina are nevoie de un mediu în care să-și propage energia, așa cum sunetul are nevoie de aer sau de altă substanță pentru a-și transmite undele. A reieșit însă că lumina se simte foarte bine atunci când se deplasează prin vid, printr-un spațiu care nu conține niciun mediu purtător. Spre deosebire de undele de sunet, care sunt constituite din vibrații ale aerului, s-a constatat că undele de lumină sunt pachete de energie care se propagă singure, fără niciun fel de ajutor.

Dar lipsa cunoștințelor despre materia neagră se deosebește fundamental de ignoranța legată de eter. Eterul a fost un substitut creat de lipsa noastră de înțelegere, pe când existența materiei negre nu derivă dintr-o simplă presupunere, ci din efectele observate ale gravitației asupra materiei vizibile. Nu am inventat materia neagră din nimic — i-am dedus existența din faptele observate. Materia neagră e la fel de reală ca numeroasele exoplanete de pe orbitele din jurul unor stele, descoperite doar pe baza influenței gravitaționale asupra stelelor „gazdă“, nu prin măsurarea directă a luminii reflectate.

Cel mai negru scenariu este acela în care am descoperi că materia neagră nu e deloc materie, ci cu totul altceva. Ar putea fi vorba despre efecte ale unor forțe dintr-o altă dimensiune? E vorba despre gravitația obișnuită și despre materia obișnuită care trec prin membrana unui univers-fantomă alipit universului nostru? Dacă așa stau lucrurile, acesta ar putea fi doar unul dintr-un număr infinit de universuri care alcătuiesc multiversul. Sună exotic și incredibil. Dar e mai absurdă această afirmație decât aceea că Pământul se învârte în jurul Soarelui? Sau că Soarele este una dintre cele o sută de miliarde de stele din Calea Lactee? Iar Calea Lactee nu e decât una dintre cele o sută de miliarde de galaxii din univers?

Chiar dacă vreuna dintre ipotezele de mai sus se dovedește a fi adevărată, nimic nu va schimba invocarea cu succes a gravitației materiei negre în ecuațiile pe care le folosim pentru a înțelege formarea și evoluția universului.

Alți sceptici neînduplecați ar putea declara că „trebuie să vezi ca să crezi“. O abordare foarte sănătoasă în multe demersuri, inclusiv cele din domeniile ingineriei mecanice, pescuitului și, poate, al întâlnirilor amoroase. De asemenea,

se pare că e valabilă şi pentru locuitorii statului Missouri. Dar nu şi pentru ştiinţă. Ştiinţa nu tratează doar ceea ce se vede, ci şi ce se măsoară — de preferat cu altceva decât cu ochii, care sunt inextricabil uniţi cu bagajul din creier. Acest bagaj este adesea un sac cu idei preconcepute şi postconcepute, precum şi prejudecăţi.

*

După ce a rezistat trei sferturi de secol tentativelor de a fi detectată direct pe Pământ, materia neagră rămâne în joc. Specialiştii în fizica particulelor sunt încredinţaţi că materia neagră e alcătuită dintr-o clasă fantomatică de particule nedescoperite care interacţionează cu materia prin intermediul gravitaţiei, toate celelalte interacţiuni cu materia sau lumina fiind foarte slabe sau inexistente. Dacă vreţi să pariaţi pe fizică, varianta asta are şanse mari de câştig. Cel mai mare accelerator de particule din lume încearcă să fabrice particule de materie neagră din rămăşiţele particulelor care intră în coliziune. Iar laboratoare specializate, situate la mare adâncime în pământ, încearcă să detecteze pasiv particulele de materie neagră, în cazul în care s-ar rătăci pe acolo, venite din spaţiul cosmic. Amplasarea subterană ecranează în mod natural particulele cosmice cunoscute care ar putea ajunge la detectoare, aşa încât acestea pot înregistra doar particulele de materie neagră.

Chiar dacă s-ar putea să fie mult zgomot pentru nimic, ideea unei particule de materie neagră care scapă înţelegerii noastre are un precedent. Neutrinii, de exemplu, au fost mai întâi prezişi şi abia apoi descoperiţi, deşi interacţionează foarte slab cu materia obişnuită. Fluxul copios de neutrini dinspre Soare — doi pentru fiecare nucleu de heliu fuzionat din hidrogen în miezul termonuclear al Soarelui — părăseşte netulburat suprafaţa Soarelui, traversează vidul spaţial cu o viteză apropiată de a luminii şi trece prin Pământ ca şi cum n-ar exista. Bilanţul: zi şi noapte o sută de miliarde de neutrini proveniţi din Soare trec prin fiecare centimetru pătrat din noi, fără a interacţiona în vreun fel cu atomii din corp. În ciuda acestor proprietăţi, neutrinii pot fi opriţi în circumstanţe speciale. Iar dacă putem opri o particulă, o putem detecta.

Particulele de materie neagră ar putea fi detectate tot prin interacţiuni foarte rare

sau, în mod uimitor, s-ar putea manifesta prin intermediul altor forţe decât cele nucleare puternice, nucleare slabe sau electromagnetice. Acestea trei şi gravitaţia alcătuiesc superechipa de patru forţe a universului, mediind toate interacţiunile dintre toate particulele cunoscute. Aşa că opţiunile sunt clare. Fie particulele de materie neagră trebuie să aştepte ca noi să descoperim o forţă sau o nouă clasă de forţe care dirijează interacţiunile dintre particule, fie interacţiunea dintre particulele de materie neagră se face prin intermediul forţelor normale, dar cu o intensitate uluitor de mică.

Efectele materiei negre sunt reale. Doar că nu ştim ce este această materie. S-ar părea că nu interacţionează prin forţe nucleare puternice, deci nu poate produce nuclee. Nu s-au descoperit nici interacţiuni prin forţe nucleare slabe, prezente chiar şi la particule atât de alunecoase ca neutrinii. Aparent, nu interacţionează nici prin forţe electromagnetice, aşa că nu există molecule condensate în bile de materie neagră. Şi nici nu absoarbe, emite sau reflectă ori împrăştie lumina. Aşa cum ştim încă de la început, materia neagră exercită gravitaţie, forţă la care materia obişnuită răspunde. Dar asta e tot. În timpul scurs de la descoperirea ei nu am reuşit să aflăm dacă face şi altceva.

Deocamdată trebuie să ne mulţumim cu materia neagră pe post de prieten ciudat, invizibil, la care apelăm ori de câte ori universul ne-o cere.

6. Energia neagră

Ca și cum n-am fi avut suficiente griji, am descoperit că universul din ultimele decenii exercită o presiune misterioasă care apare din vidul spațial și acționează împotriva gravitației cosmice. Asta nu e tot: această „gravitație negativă“ va câștiga în cele din urmă partida, forțând accelerarea exponențială a expansiunii cosmice în viitor.

Pentru ideile cu efect năucitor asupra minții umane din fizica secolului XX dați vina pe Einstein.

Albert Einstein nu prea călca prin laborator; nu testa fenomenele și nu folosea echipamente sofisticate. Teoretician prin excelență, el și-a desăvârșit o metodă proprie, așa-numitul „experiment de gândire“, în care abordăm natura prin intermediul imaginației, inventând o situație sau un model și calculând apoi consecințele unor principii ale fizicii. Înainte de al Doilea Război Mondial, în Germania fizica experimentală era mult mai bine cotată decât cea teoretică de către cei mai mulți oameni de știință arieni. Fizicienii evrei au fost izolați în casta de jos a teoreticienilor și lăsați să se descurce cum pot. Și ce colț avea să devină.

Așa cum era cazul cu Einstein, dacă modelul unui fizician vrea să reprezinte întregul univers, manipularea acestui model ar echivala cu manipularea universului însuși. Observatorii și experimentatorii pot ieși apoi să caute fenomenele prezise de model. Dacă modelul are scăpări sau dacă teoreticienii fac calcule greșite, observatorii vor descoperi neconcordanțele dintre predicții și felul în care se petrec lucrurile în universul real. E primul indiciu pentru un teoretician că trebuie fie să revină asupra modelului vechi, ajustându-l, fie să creeze altul.

Unul dintre cele mai puternice și mai influente modele teoretice construite vreodată, prezentat deja în paginile de mai sus, este teoria relativității generale. Publicată în 1916, aceasta conturează detaliile matematice relevante privitoare la modul în care orice lucru din univers se mișcă sub influența gravitației. La fiecare câțiva ani oamenii de știință din laborator pun la cale experimente tot mai precise care să testeze teoria, extinzându-i aria de valabilitate. Unul dintre ultimele exemple de valoare a darului de cunoaștere a naturii pe care ni l-a dat Einstein datează din 2016, când un observator echipat special pentru descoperirea undelor gravitaționale și-a atins obiectivul.[1] Aceste unde, a căror existență a fost prezisă de Einstein, sunt valuri care se deplasează cu viteza

luminii prin spațiu-timp, generate de perturbări gravitaționale puternice, cum ar fi coliziunea dintre două găuri negre.

Exact acest lucru a fost observat. Undele gravitaționale din prima detectare au fost generate de coliziunea dintre două găuri negre dintr-o galaxie aflată la 1,3 miliarde de ani-lumină de noi, pe vremea când Pământul era plin de organisme unicelulare. În vreme ce undele se deplasau în univers în toate direcțiile, după 800 de milioane de ani pe Pământ a apărut viața complexă, inclusiv florile, dinozaurii, zburătoarele și o încrengătură a vertebratelor numită „mamifere“. Printre acestea, o subîncrengătură avea să dezvolte lobi frontali și o gândire complexă care să-i folosească. Le spunem „primate“. Iar o ramură a acestor primate a suferit o mutație genetică în urma căreia a reușit să vorbească, iar acea ramură — Homo sapiens — a inventat agricultura, civilizația, filosofia, arta și știința, totul în ultimii zece mii de ani. În cele din urmă, unul dintre oamenii de știință din secolul XX avea să inventeze relativitatea, prezicând existența undelor gravitaționale. Un secol mai târziu, tehnologia capabilă să vadă aceste unde a reușit să confirme predicția, cu doar câteva zile înainte ca valul gravitațional să treacă de Pământ, după o călătorie de 1,3 miliarde de ani.

Da, Einstein a fost extraordinar.

*

În momentul în care sunt propuse, cele mai multe modele științifice sunt încă necoapte. Ele lasă spațiu pentru ajustarea parametrilor, așa încât să se încadreze mai bine în universul cunoscut. În universul „heliocentric“ conceput de matematicianul din secolul al XVI-lea Nicolaus Copernic planetele gravitau pe orbite circulare perfecte. Partea cu orbita în jurul Soarelui a fost corectă și a reprezentat un mare pas înainte față de universul geocentric, însă partea cu cercul perfect s-a dovedit a fi cam exagerată: toate planetele au orbite turtite, numite „elipse“, și chiar și aceste forme sunt doar niște aproximări ale unor traiectorii mai complicate. E nevoie de niște ajustări pentru a le reda corect.

Totuși, în cazul relativității lui Einstein, principiile de bază ale teoriei cer ca totul să se petreacă exact așa cum a fost prezis. De fapt, Einstein a construit ceva care

din exterior pare un castel din cărți de joc, o structură susținută de două sau trei postulate foarte simple. În urma apariției cărții O sută de autori împotriva lui Einstein[1] în 1931, Einstein a spus că, dacă s-ar fi înșelat, un singur autor ar fi fost suficient.

În acele circumstanțe au fost sădite semințele uneia dintre cele mai fascinante gafe din istoria științei. Noile ecuații ale lui Einstein includeau un termen numit „constanta cosmologică“, reprezentat prin litera grecească lambda: L. Acest termen opțional, dar acceptat matematic i-a permis să reprezinte un univers static, care nici nu se extinde, nici nu se contractă.

La vremea respectivă ideea că universul ar putea face altceva decât să existe depășea orice imaginație. Așa că singurul rol al lui lambda era să se opună gravitației în modelul lui Einstein, păstrând universul în echilibru și făcându-l rezistent la tendința naturală a gravitației de a concentra întregul univers într-o singură masă uriașă. Astfel, Einstein a inventat universul care nici nu se extinde, nici nu se contractă, în concordanță cu așteptările tuturor la acea vreme.

Fizicianul rus Alexander Friedmann avea să demonstreze apoi matematic că universul lui Einstein este într-adevăr echilibrat, dar într-un mod precar. Ca o minge care rămâne pe culmea unui deal, așteptând cel mai mic impuls pentru a porni la vale, ori ca un creion pus în echilibru pe vârf, universul lui Einstein era prins între expansiune și colaps. Mai mult, teoria lui Einstein era nouă, și numai pentru că dai unui lucru un nume nu înseamnă că acel lucru există. Einstein știa că lambda, ca forță gravitațională negativă, nu are un echivalent cunoscut în universul fizic.

*

Teoria relativității generale se deosebește în mod radical de gândirea anterioară privitoare la atracția gravitațională. În loc să se axeze pe viziunea lui Newton despre gravitație ca „acțiune fantomatică la distanță“ (concluzie care nu-l mulțumea nici pe Newton însuși), teoria lui Einstein privește gravitația ca răspuns al masei la curbarea locală a spațiului și timpului cauzată de o altă masă ori de un alt câmp de energie. Cu alte cuvinte, concentrația de masă provoacă

distorsiuni — nişte adâncituri, de fapt — în structura spaţiului şi timpului. Aceste distorsiuni ghidează masele în mişcare de-a lungul unor linii geodezice[1], deşi nouă ni se par nişte traiectorii curbe pe care le numim „orbite“. Fizicianul teoretician american John Archibald Wheeler a spus-o cel mai bine, rezumând concepţia lui Einstein astfel: „Materia îi spune spaţiului cum să se curbeze, iar spaţiul îi spune materiei cum să se mişte“.[1]

Până la urmă, relativitatea generală descrie două tipuri de gravitaţie: cea obişnuită, de exemplu atracţia dintre Pământ şi o minge aruncată prin aer, sau cea dintre Soare şi planete. Mai prezice şi o presiune misterioasă antigravitaţională asociată cu vidul structurii spaţiu-timp. Lambda conserva ceea ce Einstein şi toţi ceilalţi fizicieni ai vremii presupuneau că e adevărat: statu-quoul unui univers static — un univers static instabil. Crezul ştiinţific nu acceptă invocarea unei stări instabile ca stare naturală a unui sistem fizic. Nu se poate să afirmi că întregul univers este un caz special, care, din întâmplare, se află în echilibru pentru totdeauna. Faptul că nimic văzut, măsurat sau imaginat vreodată în istoria ştiinţei nu s-a comportat în acest fel constituie un precedent puternic.

Treisprezece ani mai târziu, în 1929, astronomul american Edwin P. Hubble a descoperit că universul nu este static. El a găsit şi adunat dovezi clare potrivit cărora galaxiile se îndepărtează de Calea Lactee cu atât mai rapid cu cât sunt mai îndepărtate de aceasta. Altfel spus, universul se află în expansiune. Deranjat de constanta universală, care nu corespundea niciunei forţe cunoscute din natură, şi de oportunitatea ratată de a prezice el însuşi expansiunea universului, Einstein a renunţat la lambda, numind-o „cea mai mare gafă“ a vieţii lui. Scoţând lambda din ecuaţie, a presupus că valoarea termenului este zero, ca în exemplul următor. Să presupunem că A = B + C. Dacă aflăm că A = 10 şi B = 10, A tot poate fi egal cu B plus C, numai că în cazul ăsta C este zero şi devine nenecesar în ecuaţie.

Dar povestea nu s-a încheiat aici. De-a lungul deceniilor, când şi când, teoreticienii îl scoteau pe lambda din criptă, imaginându-şi cum ar arăta ideile lor într-un univers care are o constantă cosmologică. După 69 de ani , în 1998, ştiinţa l-a exhumat pe lambda pentru ultima oară. La începutul acelui an, două echipe concurente de fizicieni au făcut anunţuri extraordinare. Cei de la Laboratorul Naţional Lawrence din Berkeley, California, erau conduşi de Saul Perlmutter. Ceilalţi erau conduşi de Brian Schmidt, de la observatoarele Mount Stromlo şi Siding Spring din Canberra, şi de Adam Riess, de la Universitatea Johns Hopkins din Baltimore. Zeci de supernove extrem de îndepărtate apăreau vizibil mai palide decât ar fi fost de aşteptat, dat fiind comportamentul bine

studiat al acestor stele explozive. Pentru reconciliere era necesar fie ca acele supernove să aibă un comportament diferit de cel al suratelor, fie ca ele să se fi aflat cu 15% mai departe decât apăreau în modelele cosmologice predominante. Singurul lucru cunoscut care poate explica „în mod natural“ această accelerare este lambda, constanta cosmologică a lui Einstein. Când au scuturat-o de praf și au pus-o la loc în ecuația relativității generale, astrofizicienii au observat că starea cunoscută a universului se potrivea cu cea din ecuațiile lui Einstein.

*

Supernovele din studiile lui Perlmutter și Schmidt valorează cât greutatea lor în nuclee fuzionabile. În anumite limite, fiecare dintre aceste stele explodează la fel, arzând aceeași cantitate de combustibil și eliberând aceeași cantitate impresionantă de energie în același interval de timp, așadar, atingând același vârf de luminozitate. Ele servesc ca etalon sau „candelă standard“ pentru calcularea distanțelor cosmice până la galaxiile în care au explodat la marginea universului.

Candelele standard simplifică foarte mult calculele: de vreme ce supernovele au aceeași putere, cele mai palide sunt mai îndepărtate, iar cele mai strălucitoare sunt mai apropiate. După măsurarea luminozității (operațiune simplă), putem determina ușor cât de îndepărtate sunt față de noi și între ele. Dacă luminozitățile supernovelor ar fi fost toate diferite, n-am fi putut folosi doar acest parametru pentru a aprecia cât de departe este una în comparație cu alta. Una mai palidă ar fi putut fi o flacără mai îndepărtată cu putere mare sau una mai apropiată cu putere mică.

Totul în regulă. Dar mai există o cale de a măsura distanța până la galaxii: viteza cu care se îndepărtează de Calea Lactee. Această îndepărtare face parte din expansiunea cosmică. Așa cum a arătat pentru prima oară Hubble, expansiunea universului face ca obiectele mai îndepărtate de noi să se deplaseze mai repede decât cele apropiate. Prin urmare, măsurând această viteză de îndepărtare (altă operațiune simplă), putem deduce distanța dintre noi și galaxie.

Dacă aceste două metode verificate ne oferă rezultate diferite pentru același obiect, ceva nu e în regulă. Fie supernovele sunt niște candele standard proaste,

fie modelul nostru pentru rata expansiunii cosmice măsurată prin viteza galaxiilor este greșit.

Ei bine, ceva era greșit. A reieșit că supernovele sunt candele standard excelente: au supraviețuit observației atente a multor cercetători sceptici, așa că astrofizicienii au rămas doar cu soluția cealaltă: universul se extinde mai rapid decât am crezut noi, făcând galaxiile să se îndepărteze dincolo de punctele calculate anterior. Și nu există nicio cale de a explica această expansiune suplimentară fără apelul la lambda, constanta cosmologică.

Așa a apărut prima dovadă directă că o forță repulsivă e omniprezentă în univers, opunându-se gravitației. Așa a fost resuscitată constanta cosmologică. Dintr-odată lambda a devenit o realitate fizică pentru care era necesar un nume, așa că „energia neagră“ a urcat pe scena spectacolului cosmic date fiind misterul și lipsa noastră de cunoștințe în această privință. Pe bună dreptate, Perlmutter, Schmidt și Reiss au împărțit în 2011 Premiul Nobel pentru fizică datorită acestei descoperiri.

Cele mai exacte măsurători de până astăzi arată că energia neagră e cea mai importantă din cartier, fiind responsabilă în prezent de 68% din masa-energie din univers. Materia neagră alcătuiește 27%, iar cea obișnuită — doar 5%.

*

Forma universului nostru cu patru dimensiuni provine din relația dintre cantitatea de materie și energie din cosmos și ritmul în care acesta se extinde. O măsură matematică la îndemână este omega W, altă literă grecească însemnată pentru cosmos.

Dacă luăm densitatea de materie-energie din univers și o împărțim la densitatea de materie-energie necesară pentru a opri expansiunea (numită și „densitatea critică“), obținem omega.

De vreme ce atât masa, cât și energia deformează — sau curbează — structura spațiu-timpului, omega descrie forma cosmosului. Dacă e mai mic decât unu,

masa-energia efectiv scade sub punctul critic, iar universul se extinde întruna în toate direcţiile şi pentru totdeauna, luând forma unei şei în care liniile care la început erau paralele devin divergente. Dacă omega este egal cu unu, universul se extinde la nesfârşit, dar foarte puţin. În acest caz are o formă plată, respectând toate regulile pe care le-am învăţat la şcoală despre paralele. Dacă omega e mai mare ca unu, liniile paralele converg, iar universul se curbează în el însuşi, pentru ca până la urmă să intre în colaps, redevenind mingea de foc care a fost la început.

De când Hubble a descoperit expansiunea universului, nicio echipă de observatori nu a găsit vreodată pentru omega o valoare măcar apropiată de unu. Însumând toată masa şi energia detectabile cu ajutorul telescoapelor, ba chiar extrapolând aceste valori şi incluzând şi materia neagră, cea mai mare valoare s-a ridicat la aproximativ 0,3. Din perspectiva observatorilor, universul îşi vede de treabă, călărind pe o şa unidirecţională spre viitor.

Între timp, începând din 1979, fizicianul american Alan H. Guth, de la Massachusetts Institute of Technology, a propus, alături de alţii, o ajustare a teoriei Big Bang care ne scapă de problemele sâcâitoare întâlnite atunci când vrem că obţinem un univers umplut atât de omogen de energie şi materie, aşa cum ştim că este al nostru. Un rezultat secundar al acestei ajustări a fost creşterea valorii lui omega spre valoarea unu. Nu spre 0,5. Nu spre doi. Nu spre un milion. Spre unu.

Niciun teoretician din lume nu a avut vreo problemă cu această cerinţă, fiindcă ne ajuta să legăm Big Bangul de proprietăţile universului cunoscute de noi. Totuşi, a rămas o mică problemă: ajustarea prevedea o masă-energie de trei ori mai mare decât cea detectată de observatori. Fermi pe poziţie, teoreticienii au spus că observatorii n-au căutat îndeajuns.

După toate calculele, materia vizibilă nu poate da seama de mai mult de 5% din densitatea critică. Dar misterioasa materie neagră? Au socotit-o şi pe ea. Nimeni nu ştia câtă e şi încă nu ştim ce e, dar suntem siguri că are o contribuţie la total. Avem de cinci sau şase ori mai multă materie neagră decât materie vizibilă. Dar tot e prea puţin. Observatorii erau disperaţi. Teoreticienii le-au spus: „Mai căutaţi!“

Ambele tabere erau sigure că ceilalţi se înşală. Până când a fost descoperită energia neagră. Adăugată materiei şi energiei obişnuite şi „obişnuitei“ materii

întunecate, energia neagră ridica nivelul densității de masă-energie a universului la nivelul critic, mulțumindu-i în același timp și pe teoreticieni, și pe observatori.

Pentru prima dată, teoreticienii și observatorii s-au împăcat. Și unii, și alții aveau dreptate, în felul lor. Omega era egal cu unu, exact cum teoreticienii cereau universului, cu toate că nu se poate ajunge acolo adăugând toată materia — neagră sau altfel — așa cum presupuseseră ei cu naivitate. Astăzi, în cosmos, nu există mai multă materie decât au estimat observatorii.

Nimeni nu prevăzuse prezența dominantă a energiei negre și nimeni nu și-a imaginat că ea o explice diferența căutată.

*

Despre ce e vorba? Nimeni nu știe. Tot ce putem face este să presupunem că energia neagră e un efect cuantic: în loc să fie gol, vidul spațial clocotește de particule și de omoloagele lor din antimaterie. Acestea apar și dispar în perechi, dar nu au o existență suficient de îndelungată pentru a fi măsurată. Existența lor trecătoare e redată de denumire: „particule virtuale“. Moștenirea remarcabilă a mecanicii cuantice — știința microcosmosului — ne cere să acordăm o atenție deosebită acestei idei. Fiecare pereche de particule virtuale exercită puțină presiune spre exterior, croindu-și drumul extrem de scurt în spațiu.

Din nefericire, când estimăm cantitatea de „presiune a vidului“ repulsivă care apare din viețile prescurtate ale particulelor virtuale, rezultatul este de mai bine de 10^{120} de ori mai mare decât valoarea determinată în mod experimental a constantei cosmologice. E o diferență incredibil de mare — s-ar putea să fie vorba despre cel mai jenant calcul făcut vreodată, care a dus la cea mai mare nepotrivire între teorie și observație din istoria științei.

Nu avem nicio idee. Dar nu este o lipsă de idei care trebuie disprețuită. Energia neagră nu e o chestie întâmplătoare, pe care nicio teorie să nu o poată include. Locuiește în cea mai sigură casă imaginabilă: ecuațiile relativității generale formulate de Einstein. E constanta cosmologică. E lambda. Orice o să descoperim că e energia neagră, știm deja cum să o măsurăm și cum să îi

calculăm efectele din trecutul, prezentul şi viitorul cosmosului.

Fără îndoială, cea mai mare gafă a lui Einstein a fost aceea de a declara că lambda a fost cea mai mare gafă a lui.

*

Iar vânătoarea continuă. Acum, când ştim că energia neagră există, echipe de astrofizicieni au început un program ambiţios de măsurare a distanţelor şi creşterii universului cu o precizie tot mai mare, folosind telescoape de la sol şi din spaţiu. Aceste observaţii o să verifice detaliat influenţa energiei negre asupra istoriei expansiunii universului, ceea ce cu siguranţă o să le dea de lucru teoreticienilor. Au mare nevoie de ispăşire după ce au obţinut acel rezultat foarte prost la calcularea energiei negre.

Avem nevoie de o alternativă la relativitatea generală? E nevoie de o revizie generală a mariajului dintre această teorie şi mecanica cuantică? Sau există vreo teorie a energiei negre, care aşteaptă să fie descoperită de o persoană deşteaptă care încă nu s-a născut?

O trăsătură remarcabilă a lui lambda şi a universului aflat în extindere accelerată e aceea că forţele repulsive se nasc în vid, nu din ceva material. Pe măsură ce vidul se extinde, densitatea de materie şi energie (obişnuită) din univers scade, făcând ca influenţa relativă a lui lambda asupra stării de lucruri din cosmos să fie tot mai mare. Presiunea repulsivă provoacă mai mult vid, iar mai mult vid provoacă mai multă presiune repulsivă, forţând o accelerare exponenţială permanentă a expansiunii cosmice.

În consecinţă, tot ce nu are legătură gravitaţională cu vecinătatea Căii Lactee se va îndepărta cu o viteză tot mai mare, ca parte a expansiunii accelerate a structurii spaţiu-timp. Galaxiile îndepărtate pe care le vedem acum pe cerul nopţii vor dispărea dincolo de orizontul la care nu putem ajunge, cu o viteză mai mare decât cea a luminii. Această situaţie e permisă nu pentru că s-ar deplasa prin spaţiu cu o asemenea viteză, ci pentru că structura universului însuşi le mişcă astfel. Nicio lege a fizicii nu poate împiedica asta.

În aproximativ un bilion de ani, toți cei care vor trăi atunci în galaxia noastră s-ar putea să nu știe nimic despre celelalte galaxii. Universul observabil o să conțină doar un sistem de stele bătrâne din Calea Lactee. Iar dincolo de acest cer înstelat se va întinde vidul fără capăt — întunecimea dinaintea adâncului spațiului.

Proprietate fundamentală a cosmosului, energia neagră va submina până la urmă capacitatea generațiilor următoare de a înțelege universul în care trăiesc. Dacă astrofizicienii de azi din galaxie nu păstrează date și nu le îngroapă într-o capsulă a timpului care să reziste un bilion de ani, oamenii de știință ai viitorului n-o să știe nimic despre galaxii — principala formă de organizare a materiei în cosmos — și n-o să aibă acces la principalele scene din spectacolul cosmic care este universul nostru.

Iată coșmarul care mă bântuie. Nu cumva ne lipsește și nouă o piesă importantă din universul de altădată? Poate că vreo parte a cărții de istorie a cosmosului a rămas ascunsă. Oare ce continuă să lipsească din teoriile și ecuațiile noastre, lăsându-ne să bâjbâim după răspunsuri pe care s-ar putea să nu le găsim niciodată?

7. Cosmosul pe masă

Uneori răspunsurile la întrebări banale cer o cunoaștere profundă a cosmosului. La orele de chimie din gimnaziu l-am întrebat pe profesor de unde vin elementele din tabelul periodic. Sunt sigur că mi-a spus că de pe Pământ. Îl înțeleg. Cu siguranță că materialele din laboratorul școlii de acolo proveneau. Dar cum au ajuns ele pe Pământ? Răspunsul e foarte complicat. Însă chiar trebuie să cunoaștem originea și evoluția universului pentru a răspunde la întrebare?

Da, trebuie.

Doar trei dintre elementele existente în natură au fost fabricate de Big Bang. Restul au fost plăsmuite în inimile încinse și în rămășițele explozive ale stelelor muribunde, permițând generațiilor următoare de stele să încorporeze această îmbogățire, formând planetele și, în cazul nostru, oamenii.

Pentru mulți, tabelul periodic al elementelor chimice e o ciudățenie veche: un grafic cu casete în care sunt inscripționate litere misterioase, criptice, cu care s-au întâlnit ultima oară în laboratorul de chimie al școlii. Ca principiu de organizare a comportamentului chimic al tuturor elementelor cunoscute și încă necunoscute din univers, tabelul ar trebui să fie un bun cultural, o mărturie a științei ca aventură internațională a umanității, desfășurată în laboratoare, acceleratoare de particule și la frontierele cosmosului.

Totuși, din când în când chiar și un om de știință se gândește la tabelul periodic ca la o grădină zoologică în care s-au adunat câte un exemplar din fiecare specie de animale. Cum altfel am putea crede că sodiul este un metal reactiv otrăvitor pe care îl tăiem cu cuțitul pentru unt, iar clorul un gaz mirositor letal, și totuși, atunci când le amestecăm, să obținem clorura de sodiu, nevinovatul compus esențial pe plan biologic, pe care îl cunoaștem ca sarea de masă? Dar cum rămâne cu hidrogenul și oxigenul? Unul este un gaz exploziv, iar celălalt un catalizator al combustiei violente, și totuși, împreună formează apa lichidă, un lichid care stinge focul.

Aceste snoave ale chimiei ajung și la elemente semnificative pentru cosmos care îmi permit să vă arăt cum se vede tabelul periodic prin lentilele unui astrofizician.

*

Cu un singur proton în nucleu, hidrogenul e cel mai ușor și mai simplu element, fabricat în întregime în timpul Big Bangului. Dintre cele 94 de elemente care apar în natură, hidrogenul constituie mai bine de două treimi din atomii corpului uman și de peste 90% din toți atomii cosmosului, la toate scările dimensionale, până la sistemul nostru solar. Hidrogenul din miezul uriașei planete Jupiter suportă o presiune atât de mare, încât se comportă mai mult ca un metal conducător de electricitate decât ca un gaz, creând cel mai puternic câmp magnetic planetar. Chimistul englez Henry Cavendish a descoperit hidrogenul în 1766, făcând experimente cu H2O (hydro-genes înseamnă în greacă „formator de apă"), dar este cunoscut printre astrofizicieni ca fiind primul care a calculat masa Pământului, după ce a măsurat valoarea constantei gravitaționale din celebra ecuație a lui Newton pentru gravitație.

În fiecare secundă a fiecărei zile, 4,5 miliarde de tone de nuclee de hidrogen cu viteze mari sunt transformate în energie în timp ce se ciocnesc între ele pentru a forma heliul în miezul de 15 milioane de grade al Soarelui.

*

Heliul este cunoscut ca un gaz obișnuit care, atunci când e inhalat, sporește temporar frecvența vibrațiilor din trahee și laringe, făcând vocea să sune ca a lui Mickey Mouse. Este al doilea element din univers în ordinea simplității și abundenței. Chiar dacă abundența lui e mult mai mică decât a hidrogenului, heliul este de patru ori mai întâlnit decât toate celelalte elemente din univers luate le un loc. Unul dintre pilonii cosmologiei Big Bang este predicția conform căreia în toate regiunile cosmosului aproximativ 10% dintre atomi sunt de heliu, fiind fabricați în focul primordial care a dus la nașterea universului. De vreme ce fuziunea termonucleară a hidrogenului în stele dă heliu, anumite părți din univers ar putea să conțină mai mult de 10% heliu, dar, conform predicției, nu s-a descoperit încă vreo regiune din vreo galaxie în care să se găsească mai puțin.

Cu circa 30 de ani înainte de a fi descoperit şi izolat pe Pământ, heliul a fost detectat în spectrul coronei solare, în timpul eclipsei totale din 1868. Aşa cum am menţionat anterior, numele provine de la Helios, zeul Soarelui din antichitatea greacă. Având o portanţă în aer de 92% faţă de cea a hidrogenului, dar fără caracteristicile explozive ale acestuia, heliul e cel mai bun candidat pentru baloanele magazinelor Macy's din timpul paradelor de Ziua Recunoştinţei, acestea fiind al doilea utilizator al acestui element în Statele Unite, după armată.

*

Din punctul de vedere al simplităţii, litiul este al treilea element din univers. Nucleul lui are trei protoni. La fel ca hidrogenul şi heliul, a fost produs în timpul Big Bang-ului, dar, spre deosebire de heliu, care poate fi fabricat în miezul stelar, este distrus de orice reacţie nucleară cunoscută de noi. O altă predicţie a cosmologiei Big Bang spune că nu putem avea mai mult de 1% atomi de litiu în vreo regiune din univers. Nu s-a descoperit încă vreo galaxie care să aibă mai mult litiu. Combinaţia dintre limita minimă de heliu şi cea maximă de litiu reprezintă un factor crucial pentru verificarea predicţiilor cosmologice ale teoriei Big Bang.

*

Carbonul se găseşte în mai multe molecule decât suma tuturor celorlalte tipuri de molecule luate la un loc. Dată fiind abundenţa carbonului în cosmos — după ce e fabricat în miezul stelar, scos la suprafaţă şi împrăştiat generos în galaxie —, nu există element mai potrivit pentru chimia diversă a vieţii. Cu puţin înaintea carbonului în clasamentul abundenţei se află oxigenul, fabricat şi împrăştiat în rămăşiţele stelelor explodate. Oxigenul şi carbonul sunt ingredientele principale ale vieţii cunoscute de noi.

Dar cum rămâne cu viaţa necunoscută de noi? Cum ar arăta o viaţă pe bază de siliciu? Siliciul se află imediat sub carbon în tabelul periodic, ceea ce, în principiu, înseamnă că poate crea acelaşi portofoliu de molecule ca şi carbonul. Până la urmă e de aşteptat ca victoria să aparţină carbonului, fiindcă e de zece ori mai prezent în cosmos decât siliconul. Dar asta nu-i împiedică pe scriitorii de science- fiction — care îi entuziasmează pe exobiologi — să se întrebe cum ar arăta o formă de viaţă extraterestră bazată pe silicon.

Pe lângă rolul de ingredient activ al sării de masă, sodiul este cel mai întâlnit gaz strălucitor, de găsit în mai toate corpurile de iluminat public. Acestea luminează mai strălucitor şi mai mult decât becurile incandescente, însă ar putea fi înlocuite în curând de LED-uri, care strălucesc şi mai tare şi sunt mai ieftine. Corpurile de iluminat cu sodiu sunt de presiune înaltă — cele care emit o lumină gălbuie — şi cele de presiune joasă — care dau o lumină portocalie. A reieşit că, deşi iluminatul public e dăunător astrofizicii, lămpile cu sodiu de joasă presiune sunt cele mai puţin dăunătoare, fiindcă influenţa lor poate fi eliminată din datele culese de telescoape. Un model de cooperare este cel din Tucson, Arizona, unde municipalitatea cea mai importantă de lângă Observatorul Naţional Kitt Peak a trecut, de comun acord cu astrofizicienii locali, la iluminatul public cu lămpi cu sodiu de joasă presiune.

*

Deşi ocupă aproape 10% din crusta Pământului, aluminiul era necunoscut anticilor, iar pentru bunicii noştri nu era un metal obişnuit. Elementul a fost izolat şi identificat abia în 1827 şi nu a apărut în gospodării decât la sfârşitul anilor ’60, când folia şi cutiile din cositor au făcut loc foliei şi cutiilor din aluminiu. (Pariez că majoritatea persoanelor vârstnice pe care le cunoşti continuă să o numească folie de staniol.) Aluminiul lustruit produce o suprafaţă reflectoare de lumină vizibilă aproape perfectă, aşa că îmbracă aproape toate oglinzile telescoapelor din zilele noastre.

Titanul este de 1,7 ori mai dens decât aluminiul, dar e de peste două ori mai rezistent. Aşa că al nouălea cel mai abundent element din scoarţa Pământului a început să fie folosit intensiv, de pildă în componentele avioanelor militare şi în

protetică, unde este nevoie de un metal uşor şi rezistent.

În cele mai multe locuri din univers numărul atomilor de oxigen îl depăşeşte pe cel al atomilor de carbon. După ce fiecare atom de carbon s-a legat de atomii de oxigen disponibili (formând monoxid sau dioxid de carbon), rămăşiţele de oxigen se leagă de alte lucruri, cum ar fi titanul. Spectrul stelelor roşii este plin de trăsături care pot fi puse pe seama oxidului de titan, care nu e străin nici stelelor de pe Pământ. Safirele şi rubinele-stea îşi datorează asterismul radiant impurităţilor de oxid de titan din reţeaua lor cristalină. Mai mult, vopseaua albă care acoperă domul unui telescop conţine oxid de titan, care reflectă partea infraroşie a spectrului, reducând căldura dată de razele solare acumulată în aerul din jurul telescopului. Noaptea, cu domul deschis, temperatura aerului din apropierea telescopului ajunge rapid la valoarea pe care o are aerul nopţii, făcând ca lumina stelară sau cea provenită de la alte obiecte cosmice să fie clară. Şi, chiar dacă nu a desemnat direct un obiect cosmic, numele elementului derivă de la titanii mitologiei greceşti. În plus, Titan este cel mai mare satelit al lui Saturn.

*

În multe privinţe fierul este cel mai important element din univers. Stelele masive fabrică elemente în miezul lor într-o succesiune care porneşte de la heliu, carbon, oxigen, nitrogen şi aşa mai departe, tot mai sus în tabelul periodic, până la fier. Având în nucleu douăzeci şi şase de protoni şi cel puţin tot atâţia neutroni, această distincţie ciudată primită de fier este dată de cea mai scăzută energie totală pentru fiecare particulă nucleară a unui element chimic. Asta înseamnă ceva destul de simplu: dacă fisionăm atomii de fier, aceştia vor absorbi energia. Iar dacă îi combinăm prin fuziune, de asemenea vor absorbi energia. Şi totuşi, stelele se ocupă de producerea energiei. Pe măsură ce produc şi acumulează fier în miez, stelele cu masă mare se apropie de moarte. Fără o sursă fertilă de energie, steaua intră în colaps sub propria greutate şi imediat izbucneşte într-o explozie titanică — supernova —, depăşind în strălucire un miliard de stele vecine pentru mai bine de o săptămână.

*

Galiul este un metal moale. Are un punct de topire atât de scăzut încât, asemenea untului de cacao, se lichefiază în contact cu mâna omului. Pe lângă această demonstrație care poate face senzație în societate, galiul nu este interesant pentru astrofizicieni, cu excepția cazului în care vorbim despre clorura de galiu, folosită la detectarea experimentală a neutrinilor proveniți de la Soare. Un tanc subteran uriaș (100 de tone) cu clorură de galiu este monitorizat pentru urmărirea coliziunilor dintre neutrini și nucleele de galiu, care se transformă astfel în germaniu. Întâlnirea emite o scânteie de raze X care este măsurată. Vechea problemă a neutrinilor solari — care au fost detectați în număr mai mic decât prezicea teoria — a fost rezolvată folosind astfel de „telescoape“.

*

Fiecare formă a elementului technețiu este radioactivă. Deloc surprinzător, acesta nu se găsește pe Pământ decât în acceleratoarele de particule, unde e fabricat la cerere. Technețiul poartă această distincție în denumire, derivată din grecescul technetos, care înseamnă „artificial“. Din motive deocamdată neînțelese pe deplin, elementul se găsește în atmosfera unei submulțimi selecte de stele roșii. Acest lucru n-ar trebui să ne alarmeze, numai că technețiul are o perioadă de înjumătățire de doar două milioane de ani, ceea ce înseamnă mult, mult mai puțin decât vârsta și speranța de viață a stelelor în atmosfera cărora se găsește. Cu alte cuvinte, steaua nu se putea naște cu el; dacă ar fi fost așa, până acum n-ar mai fi rămas nimic din acest element. De asemenea, nu există mecanism cunoscut pentru crearea technețiului în nucleul unei stele și de a-l scoate la suprafață acolo unde a fost observat. Aceste două constatări au condus la teorii exotice care încă nu au obținut consensul comunității astrofizicienilor.

*

Alături de osmiu și platină, iridiul este unul dintre cele mai grele (dense) trei elemente ale tabelului: a douăzecea parte dintr-un metru cub cântărește cât un automobil mare, ceea ce înseamnă că iridiul e cel mai bun prespapier din lume, capabil să țină piept oricărui ventilator de birou. Este, de asemenea, și cea mai celebră armă a crimei din lume. Un strat subțire din acest element s-a descoperit peste tot în straturile geologice de la celebra limită dintre Cretacic și Paleogen (K-Pg)[1], adică de acum 65 de milioane de ani. Nu e deloc o coincidență faptul că exact atunci au dispărut de pe Pământ toate speciile care depășeau mărimea unei valijoare, inclusiv legendarii dinozauri. Iridiul e rar pe suprafața planetei noastre, dar destul de obișnuit în compoziția asteroizilor metalici cu diametrul de vreo zece kilometri care, la impactul cu Pământul, se vaporizează, împrăștiindu-și atomii pe suprafața planetei. Prin urmare, oricare a fost teoria dumneavoastră favorită privitoare la dispariția dinozaurilor, ar trebui să o treceți în capul listei pe aceea a unui asteroid ucigaș de mărimea muntelui Everest.

*

Nu știu cum s-a simțit Albert în privința asta, dar în rămășițele primului test al bombei cu hidrogen — pe atolul Eniwetok din sudul Pacificului —, pe 1 noiembrie 1952, s-a descoperit un element necunoscut, care a fost numit „einsteiniu“, în onoarea lui. Eu l-aș fi numit „armagediu“.

Până una, alta, zece casete din tabelul periodic poartă nume ale unor obiecte care gravitează în jurul Soarelui.

Fosforul provine din termenul grecesc pentru „purtător de lumină“ și a fost în vechime numele planetei Venus, care apărea pe cer înaintea răsăritului.

Seleniul provine din grecescul selene, „lună“, și a fost numit astfel pentru că se găsea în minereuri alături de telur, care primise deja numele Pământului, de la latinescul tellus.

Pe 1 ianuarie 1801, astronomul italian Giuseppe Piazzi a descoperit o nouă

planetă care gravita în jurul Soarelui, în intervalul suspect de mare dintre Marte și Jupiter. Păstrând tradiția de a boteza planetele după numele zeităților romane, obiectul a fost numit Ceres, după zeița recoltei. Ceres a dat și rădăcina termenului „cereale“. La acea vreme comunitatea științifică a fost atât de entuziasmată, încât primul element descoperit a fost numit „ceriu“. Doi ani mai târziu a fost descoperită o altă planetă care gravita în jurul Soarelui în același interval ca și Ceres. A fost numită Pallas, după zeița romană a înțelepciunii și, de asemenea, primul element descoperit după aceea a fost numit „paladiu“. Petrecerea botezurilor a luat sfârșit câteva decenii mai târziu. După ce s-au mai descoperit câteva zeci de asemenea planete care gravitau în același interval orbital, o analiză mai atentă a dat la iveală faptul că obiectele respective sunt mult, mult mai mici decât cele mai mici planete cunoscute. A apărut o parcelă întreagă a sistemului solar, populată de bucăți mărunte de piatră și metal. Ceres și Pallas nu erau planete, ci asteroizi, și locuiau în centura de asteroizi despre care azi știm că are sute de mii de obiecte — un număr un pic mai mare decât al elementelor din tabelul periodic.

Mercurul, un metal lichid și curgător la temperatura camerei, împreună cu planeta Mercur, cea mai rapidă dintre planetele sistemului nostru solar, au primit numele de la curierul iute de picior al zeităților romane.

Toriul și-a primit numele după Thor, musculosul zeu scandinav care stăpânea fulgerele, corespondentul lui Jupiter din mitologia romană. Și, pe Jupiter, imaginile luate de telescopul spațial Hubble din regiunile polare ale acestei planete dau la iveală descărcări electrice masive în stratul turbulent de nori care acoperă acele zone.

Din păcate Saturn, planeta mea favorită[1], nu are niciun element care să-i poarte numele, însă Uranus, Neptun și Pluto au reprezentări celebre. Elementul uraniu a fost descoperit în 1789 și numit astfel în onoarea descoperirii planetei Uranus de către William Herschel cu doar opt ani mai devreme. Toți izotopii de uraniu sunt instabili și se descompun spontan în elemente mai ușoare, proces care e însoțit de o eliberare de energie. Prima bombă atomică folosită vreodată în război avea ca element activ uraniul și a fost lansată de Statele Unite. Rezultatul a fost incinerarea orașului japonez Hiroshima pe 6 august 1945. Cu 92 de protoni în nucleu, uraniul e considerat cel mai „mare“ element din natură, cu toate că în locurile din care se extrage minereul care îl conține se găsesc cantități infime de elemente mai „mari“.

Dacă Uranus merita să dea numele unui element, atunci merita și Neptun. Totuși, spre deosebire de uraniu, care a fost descoperit la scurtă vreme după descoperirea planetei, neptuniul a fost descoperit în 1940 în ciclotronul de la Berkeley, la 97 de ani după ce astronomul german John Galle a descoperit planeta într-un loc de pe cer indicat de matematicianul francez Joseph Le Verrier, după studierea comportamentului orbital inexplicabil al lui Uranus. Așa cum Neptun vine după Uranus în sistemul solar, și neptuniul este plasat după uraniu în tabelul periodic al elementelor.

Ciclotronul de la Berkeley a descoperit (sau a fabricat) multe elemente care nu se găsesc în natură, inclusiv plutoniul, care urmează neptuniului în tabel și a primit numele de la planeta Pluto, descoperită de Clyde Tombaugh la Observatorul Lowell din Arizona în 1930. La fel cum se întâmplase cu 129 de ani mai devreme, când a fost descoperită Ceres, entuziasmul a fost general. Pluto era prima planetă descoperită de un american și, în absența unor date mai exacte, era considerată similară cu Pământul ca dimensiuni și masă, dacă nu chiar cu Uranus sau Neptun. Pe măsură ce am obținut date din măsurători tot mai exacte, Pluto a devenit tot mai mică. Abia la sfârșitul anilor ’80 s-au stabilizat cunoștințele noastre privitoare la dimensiunile acestei planete. Astăzi știm că recea și înghețata Pluto e de departe cea mai mică planetă, mai mică și decât șase dintre sateliții naturali din sistemul solar. Și, la fel ca în cazul asteroizilor, ulterior au fost descoperite la marginea sistemului solar sute de obiecte cu orbite similare cu cea a lui Pluto, semnalând sfârșitul mandatului de planetă al lui Pluto și scoțând la iveală un rezervor până atunci nedocumentat de corpuri mărunte și înghețate, care poartă numele de centura de comete Kuiper și căreia îi aparține Pluto. Din aceste motive am putea spune că Ceres, Pallas și Pluto s-au strecurat în tabelul periodic fără vreun merit deosebit.

Instabilul plutoniu cu puritate „militară“ a fost ingredientul activ în bomba atomică aruncată asupra orașului japonez Nagasaki la numai trei zile după ce bomba cu uraniu a explodat deasupra Hiroshimei, încheind rapid Al Doilea Război Mondial. Cantități mici de plutoniu radioactiv de puritate mai redusă sunt folosite pentru alimentarea generatoarelor termoelectrice cu radioizotopi pentru navele spațiale care călătoresc spre sistemul solar exterior, unde intensitatea luminii e diminuată până sub nivelul la care funcționează panourile solare. O jumătate de kilogram de plutoniu poate genera zece milioane de kilowați-oră de energie calorică, o energie care ar fi suficientă pentru a face să ardă un bec cu incandescență timp de unsprezece mii de ani sau pentru a alimenta cu energie o ființă umană tot atâta timp, dacă am funcționa cu combustibil nuclear în loc de

alimente din băcănie.

*

Și astfel se încheie călătoria noastră cosmică prin tabelul periodic al elementelor chimice, care se întinde până la marginea sistemului solar şi chiar dincolo. Din motive pe care nu le-am înțeles încă, multora nu le plac substanțele chimice, lucru care ar putea explica mișcarea constantă care încearcă să le elimine din alimente. Poate că numele greoaie le fac să sune ca fiind ceva periculos. În cazul ăsta, ar trebui să dăm vina pe chimiști, nu pe substanțele chimice. Eu, unul, nu am nimic cu ele, oriunde s-ar afla în univers. Stelele mele favorite şi cei mai buni prieteni ai mei sunt făcuți din ele.

8. Despre rotunjimi

În afară de cristale și roci sparte, nu prea există lucruri în univers care să aibă muchii ascuțite. Multe obiecte au forme ciudate, însă lista lucrurilor rotunjite e practic nesfârșită, pornind de la banalele baloane de săpun până la întregul univers observabil. Dintre toate formele, sferele sunt preferate de legile simple ale fizicii. Această tendință e atât de răspândită, încât, atunci când facem un experiment mental, încercând să ne imaginăm un obiect, adesea presupunem că e sferic, chiar și când știm foarte bine că nu este. Pe scurt, dacă nu înțelegi cazul sferic, nu poți pretinde să înțelegi proprietățile fizice de bază ale obiectului.

Sferele din natură sunt făcute de forțe, cum ar fi tensiunea superficială, care vor să micșoreze obiectele din toate direcțiile. Tensiunea superficială a lichidului care produce un balon de săpun presează aerul din toate direcțiile. În câteva clipe după formare cuprinde întregul volum de aer în cea mai mică suprafață posibilă. Asta dă balonului cea mai mare rezistență, fiindcă pelicula de săpun nu trebuie să devină mai subțire decât e absolut necesar. Cu ajutorul analizei matematice din anul I de facultate, putem arăta că singura formă care are cea mai mică suprafață pentru un volum dat este sfera perfectă. De fapt, miliarde de dolari ar putea fi economisiți anual dacă toate ambalajele, de la cutiile pentru expediții până la alimentele din supermarket, ar fi sferice. De exemplu, conținutul unei cutii mari de pufuleți ar intra cu ușurință într-o sferă cu raza de 12 centimetri. Însă chestiunile practice au prioritate — nimeni nu vrea să alerge pe culoar după alimentele ambalate sferic, care s-au rostogolit de pe raft.

Pe Pământ, o modalitate de a face bile de rulment este de a le prelucra mecanic sau de a turna metalul topit în cantități bine determinate în partea de sus a unui tub foarte lung. Picătura va oscila, apoi se va transforma într-o sferă, dar are nevoie de timp suficient pentru a se solidifica înainte de a ajunge la fundul tubului. Pe stațiile spațiale orbitale, în imponderabilitate, nu e nevoie decât să producem cantități precise de metal topit și să așteptăm crearea mărgelelor perfecte — o să plutească până la răcire, devenind sfere perfecte când se întăresc, tensiunea superficială făcând toată treaba în locul nostru.

*

În cazul obiectelor cosmice mari, energia și gravitația conspiră la crearea obiectelor de formă sferică. Gravitația este forța care presează materia din toate direcțiile, însă ea nu câștigă întotdeauna — legăturile chimice ale obiectelor solide sunt puternice. Lanțul muntos himalayan a crescut în ciuda gravitației Pământului, fiindcă roca din scoarță a fost rezistentă. Dar, înainte de a vă extazia în fața puternicilor munți pământeni, ar trebui să știți că diferența de altitudine dintre cele mai înalte vârfuri și cele mai joase depresiuni submarine este de vreo 20 de kilometri, în vreme ce diametrul planetei este de peste 12 000 de kilometri. Prin urmare, dincolo de felul în care arată pentru oamenii care se târăsc pe suprafața lui, Pământul ca obiect cosmic e remarcabil de neted. Dacă ați avea un deget uriaș pe care l-ați plimba pe suprafața planetei, vi s-ar părea la fel de neted ca o bilă de biliard. Globurile scumpe care înfățișează protuberanțele terenului de pe planetă sunt exagerări grosiere ale realității. De aceea, în ciuda munților și văilor și a ușoarei turtiri de la poli, văzut din spațiu Pământul poate fi confundat foarte ușor cu o sferă perfectă.

De asemenea, munții de pe Pământ sunt mărunței dacă îi comparăm cu alții din sistemul solar. Cel mai mare de pe Marte, Olympus Mons, are aproximativ 20 de kilometri înălțime și o lățime la bază de aproape 500 de kilometri. Asta face ca Muntele McKinley din Alaska să pară un dâmb. Rețeta cosmică pentru construcții muntoase e simplă: cu cât este mai slabă gravitația la suprafața unui obiect, cu atât mai sus poate ajunge muntele. Muntele Everest ajunge la cel mai înalt nivel posibil pe Pământ înainte ca straturile inferioare de rocă să cedeze sub greutatea celor superioare.

Dacă un obiect solid are o gravitație la suprafață suficient de redusă, legăturile chimice din rocile sale vor rezista în fața forței propriei greutăți. Asta face ca aproape orice formă să devină posibilă. Două corpuri celeste nonsferice celebre sunt Phobos și Deimos, lunile lui Marte, care arată ca niște cartofi. Cea mai mare dintre ele, Phobos, are 20 de kilometri lungime, iar pe suprafața ei o persoană de 75 de kilograme cântărește doar cu puțin peste o sută de grame.

În spațiu tensiunea superficială forțează întotdeauna o picătură de lichid să devină sferă. Ori de câte ori vedem un obiect solid de mici dimensiuni care are o formă suspect de sferică, putem presupune că s-a format când era topit. Dacă picătura are o masă foarte ridicată, poate fi compusă din aproape orice — gravitația va avea grijă să formeze o sferă.

Bulele uriașe de gaz din galaxie se pot aglutina pentru a forma sferele gazoase

aproape perfecte pe care le numim „stele“. Însă, dacă o stea gravitează prea aproape de un alt obiect cu o forţă gravitaţională însemnată, forma ei sferică poate fi distorsionată şi poate pierde materie. Prin „prea aproape“ înţeleg prea aproape de lobul Roche al obiectului. Numele vine de la matematicianul Édouard Roche, care, la jumătatea secolului al XIX-lea, a făcut studii detaliate asupra câmpurilor gravitaţionale ale stelelor duble. Lobul Roche este un înveliș teoretic cu formă de ganteră cu capete pronunţate care înconjoară oricare două obiecte ce gravitează unul în jurul celuilalt. Dacă materialul gazos al unui obiect trece de propriul înveliș, cade spre celălalt obiect. Astfel de cazuri sunt obișnuite la stelele binare atunci când una dintre ele se umflă și devine o gigantă roșie, depășind limitele lobului Roche. Giganta roșie se transformă într-o formă nonsferică distinctă, asemănătoare unei bezele. Mai mult, sunt cazuri în care una dintre cele două stele e o gaură neagră, a cărei poziție e indicată de jupuirea companioanei sale binare. După ce a trecut de lobul Roche, gazul jupuit din stea atinge temperaturi extreme și strălucește foarte puternic înainte de a dispărea din câmpul vizual când e înghițit de gaura neagră.

*

Stelele din galaxia noastră conturează un cerc mare şi plat. Raportul dintre diametru şi grosime este de o mie la unu, ceea ce face să avem o galaxie mai plată decât cea mai subțire clătită. De fapt, proporţiile ei sunt mai bine reprezentate de o tortilla. Nu, nu este o sferă, dar probabil că a fost la început. Putem înţelege această aplatizare dacă presupunem că galaxia a fost cândva o minge sferică uriașă de gaz care se rotea lent. Colapsul gazului a făcut ca mingea să se rotească tot mai repede, așa cum fac patinatorii care își strâng brațele pentru a-și spori viteza de rotație. Ca o bucată de aluat de pizza care se rotește, galaxia s-a aplatizat în mod natural, ca răspuns la forțele centrifuge tot mai mari care tindeau să o destrame. Pentru o bucată de aluat rotirea cu mare viteză e o întreprindere riscantă.

Toate stelele care s-au format în norul Căii Lactee înainte de colaps au păstrat niște orbite ample. Gazul rămas, care se aglutinează foarte ușor, așa cum se întâmplă cu două bezele fierbinți care intră în coliziune, a rămas în planul mediu și e responsabil pentru naşterea următoarei generaţii de stele, din care face parte

și Soarele. Actuala Cale Lactee, care nu e nici în colaps, nici în expansiune, e un sistem matur gravitațional în care putem considera că stelele care gravitează deasupra și dedesubtul discului sunt rămășițe ale scheletului norului sferic original.

Această aplatizare a obiectelor care se rotesc este și motivul pentru care diametrul Pământului între poli este mai mic decât cel măsurat la ecuator. Nu cu mult — cam trei zecimi de procent, adică vreo 40 de kilometri. Însă Pământul este mic, în mare parte solid și nu se rotește chiar așa repede. Efectuând o rotație completă în jurul axei în 24 de ore, Pământul duce tot ce se află la ecuator cu o viteză de aproape 1 700 km/h. Dar să ne uităm la uriașa planetă Saturn. O zi durează doar 10,5 ore terestre, iar ecuatorul planetei se rotește cu peste 35 000 km/h. Dimensiunea dintre poli este cu 10% mai mică decât diametrul ecuatorial, diferență care poate fi observată foarte ușor chiar și cu un telescop de amator. Sferele aplatizate sunt numite de obicei „sferoizi oblongi“, în vreme ce sferele elongate pe axa polilor sunt numite „sferoizi eliptici“. În viața de toate zilele hamburgerii și hotdogii sunt cele mai bune exemple (oarecum extreme) pentru fiecare astfel de formă. Nu știu ce gândiți dumneavoastră, dar pe mine gândul mă duce la planeta Saturn ori de câte ori mușc dintr-un hamburger.

*

Folosim efectul forțelor centrifuge asupra materiei pentru a crea o viziune asupra vitezei de rotație a obiectelor cosmice uriașe. Să ne gândim la pulsari. Unii se învârtesc în jurul axei cu aproape o mie de rotații pe secundă, așa că ne dăm seama că nu sunt făcuți din ingrediente pe care le găsim prin casă, altfel s-ar împrăștia în toate direcțiile. De fapt, dacă un pulsar s-ar roti cu mai mult de 4 500 de rotații pe secundă, ecuatorul lui s-ar deplasa cu o viteză mai mare decât cea a luminii. Asta ne spune că materialul din care e făcut nu are pereche. Ca să vă imaginați un pulsar, gândiți-vă la masa Soarelui înghesuită într-o minge cât Manhattanul. Dacă vă e greu să faceți asta, vă puteți gândi la o sută de milioane de elefanți înghesuiți într-un tub de ruj. Pentru a atinge această densitate trebuie să comprimați tot spațiul liber din jurul nucleului atomic și dintre electroni. Aproape toți electronii (cu sarcină negativă) sunt zdrobiți în protoni (cu sarcină pozitivă), rezultatul fiind o minge de neutroni (cu sarcină neutră) care au o

gravitație de suprafață formidabilă. În aceste condiții, muntele de pe o stea neutronică nu trebuie să fie mai înalt decât grosimea unei foi de hârtie pentru ca dumneavoastră să aveți nevoie atunci când vreți să urcați pe el de mai multă energie decât a unui alpinist care urcă un versant de pe Pământ care măsoară cinci mii de kilometri. Pe scurt, acolo unde gravitația e foarte ridicată, înălțimile tind să scadă, ocupând depresiunile, fenomen care pare de factură biblică, asemenea celui care deschide calea Domnului: „Toată valea să se umple și tot muntele și dealul să se plece; iar cele strâmbe să fie drepte și cele colțuroase, netede“ (Isaia 40:4). Aceasta este rețeta sferei perfecte, dacă a existat vreodată una. Dintre toate aceste motive, ne așteptăm ca pulsarii să se numere printre cele mai sferice obiecte din univers.

*

În cazul roiurilor de galaxii bogate, forma generală poate oferi informații astrofizice profunde. Unele sunt ca niște zdrențe. Altele se întind ca niște filamente subțiri. Există și unele care alcătuiesc foi întinse. Aceste roiuri nu s-au stabilizat într-o formă — sferică — dictată de gravitație. Unele sunt atât de întinse, încât cei 14 miliarde de ani ai universului nu reprezintă suficient timp pentru ca o galaxie constituentă să traverseze roiul. Tragem concluzia că roiul s-a născut așa deoarece luptele gravitaționale dintre galaxii nu au avut suficient timp să influențeze forma roiului.

Însă alte sisteme — cum ar fi minunatul roi Coma, care este sferic — ne spun imediat că gravitația le-a dat forma sferică și, ca urmare, e foarte probabil să găsim acolo galaxii care se mișcă în toate direcțiile. Când se întâmplă asta, roiul nu se poate roti prea repede. Altfel ar apărea aplatizarea, așa cum s-a întâmplat în cazul galaxiei noastre.

Ca și Calea Lactee, roiul Coma a atins maturitatea gravitațională. În jargonul astrofizicii se spune că astfel de sisteme sunt „relaxate“, ceea ce înseamnă mai multe lucruri, inclusiv faptul cu totul întâmplător că viteza medie a galaxiilor din roi slujește ca un indicator excelent pentru masa totală, indiferent dacă obiectele alese pentru calcularea mediei constituie sau nu întreaga masă. Din aceste motive sistemele relaxate gravitațional oferă mostre excelente de materie

„neagră“ nonluminoasă. Daţi-mi voie să fac o afirmaţie şi mai dură: dacă nu ar fi existat sistemele relaxate, ubicuitatea materiei negre nu ar fi fost descoperită nici azi.

*

Sfera supremă — cea mai mare şi perfectă dintre toate — este întregul univers observabil. În orice direcţie ne-am uita, galaxiile se îndepărtează de noi cu o viteză proporţională cu distanţa la care se află. Aşa cum am văzut în primele capitole, aceasta este celebra amprentă a universului în expansiune, descoperită de Edwin Hubble în 1929. Când combinăm relativitatea lui Einstein şi viteza luminii cu extinderea universului şi diluarea spaţială de masă şi energie provocată de expansiune, obţinem o distanţă în fiecare direcţie la care viteza cu care se îndepărtează galaxiile e egală cu viteza luminii. La această distanţă şi dincolo de ea lumina tuturor obiectelor luminoase pierde toată energia înainte de a ajunge la noi. Universul de dincolo de această „limită“ sferică devine astfel invizibil şi, din câte ştim, imposibil de cunoscut.

Există o variaţiune a tot mai popularei idei a multiversului în care multiplele universuri care îl alcătuiesc nu sunt complet separate, ci izolate: „pungi“ de spaţiu care nu interacţionează, plasate în structura spaţiu-timp, asemenea unor nave pe suprafaţa mării care sunt suficient de îndepărtate una de alta pentru ca orizonturile lor circulare să nu li se intersecteze. Din punctul de vedere al oricărei nave, fără date suplimentare, acea navă e singura de pe ocean, chiar dacă toate împart acelaşi corp de apă.

*

Sferele sunt într-adevăr instrumente teoretice fertile care ne ajută să înţelegem tot felul de probleme astrofizice. Dar nu trebuie să devenim fanatici. Asta îmi aminteşte de gluma pe jumătate adevărată despre creşterea producţiei de lapte la

o fermă. Un expert în creșterea animalelor ar putea spune: „Să ne gândim la rolul regimului alimentar al vacii...“ Un inginer: „Să ne gândim la proiectarea instalațiilor de muls...“ Iar un astrofizician: „Să ne gândim la o vacă sferică...“

9. Lumina invizibilă

Întâmpină-le, deci, ca un străin, Horaţio,

Căci se petrec mai multe-n cer şi pe pământ

Mai multe decât în filosofia ta visat-ai.

— Hamlet, Actul 1, Scena 5

Înainte de 1800, cuvântul „lumină“ trimitea numai la lumina vizibilă. Dar la începutul acelui an astronomul englez William Herschel a observat o căldură care nu putea fi cauzată decât de o formă de lumină invizibilă ochiului uman. Herschel avea deja realizări: în 1781 descoperise planeta Uranus, iar în 1800 se ocupa de relaţia dintre lumina solară, culoare şi căldură. A pornit de la o prismă plasată în calea unei raze. Nimic nou. Isaac Newton făcuse asta în secolul al XVII-lea, ajungând să boteze cele şapte culori celebre ale spectrului vizibil: roşu, oranj, galben, verde, albastru, indigo şi violet (ROGVAIV). Însă Herschel a fost destul de curios pentru a se întreba ce culoare are fiecare temperatură. Aşa că a plasat termometre în diferite regiuni ale spectrului şi a arătat că, aşa cum presupusese, culorile diferite înregistrează temperaturi diferite.[1]

Experimentele corect desfăşurate au nevoie de un „control“ — o măsurătoare de la care nu aştepţi niciun efect, care serveşte de „măsurătoare prostească“ pentru verificarea măsurătorii. De exemplu, dacă ne întrebăm care este efectul alcoolului asupra unei lalele, avem nevoie de două plante identice, numai că uneia îi dăm apă. Dacă mor amândouă, nu putem spune că alcoolul e de vină. Aceasta este valoarea mostrei de control. Herschel ştia asta, aşa că a pus un termometru şi în afara spectrului, lângă roşu, aşteptându-se să obţină temperatura camerei. Dar nu aşa au stat lucrurile. Temperatura din termometrul de control a fost mai ridicată decât a termometrului din zona roşie a spectrului.

După cum scria Herschel:

„Trag concluzia că roşul nu atinge maximul de căldură; acesta se găseşte probabil chiar dincolo de refracţia vizibilă. În acest caz, căldura radiantă va consta, măcar parţial, dacă nu în cea mai mare parte, dintr-o lumină invizibilă,

dacă-mi este permis să mă exprim astfel; adică din raze care provin de la Soare şi au o asemenea cantitate de mişcare, încât nu pot fi surprinse de vederea noastră“.[2]

Sfinte Sisoe!

Herschel a descoperit din greşeală lumina „infra“-roşie, o întreagă parte a spectrului care se afla „sub“ roşu, aşa cum a scris în cele patru lucrări dedicate subiectului şi publicate în Philosophical Transactions, revista Societăţii Astronomice Regale, în 1800.

Revelaţia lui Herschel este echivalentul astronomic al numeroaselor „foarte mici animalicule vii, foarte plăcut mişcătoare“[1] descoperite de Antonie van Leeuwenhoek într-o picătură din apa unui lac. Leeuwenhoek a descoperit organismele unicelulare — un univers biologic. Herschel a descoperit o nouă bandă de lumină. În ambele cazuri era vorba despre lucruri ascunse în văzul tuturor.

Munca lui Herschel a fost continuată imediat de alţi cercetători. În 1801 fizicianul şi farmacistul german Johann Wilhelm Ritter a descoperit încă o bandă de lumină invizibilă. Dar, în loc de termometru, Ritter a plasat pe fiecare culoare şi alături de zona violetă a spectrului puţină clorură de argint. Bineînţeles, clorura din afara spectrului s-a înnegrit mai mult decât cea din zona violetă. Ce era dincolo de violet? „Ultra“-violetul, razele ultraviolete despre care vorbim astăzi.

Întregul spectru electromagnetic, pornind de la energie şi frecvenţă joase până la energie şi frecvenţă înalte se completează astfel: unde radio, microunde, infraroşii, ROGVAIV, ultraviolete, raze X, raze gamma. Civilizaţia modernă a exploatat cu mare abilitate fiecare bandă a spectrului, producând aplicaţii casnice şi industriale şi făcând din asta ceva obişnuit.

*

Descoperirea infraroşiilor (IR) şi ultravioletelor (UV) nu a dus peste noapte la modificarea modalităţilor de observare a cerului. Primul telescop care detecta părţile invizibile ale spectrului electromagnetic avea să fie construit abia peste 130 de ani. Mult după descoperirea undelor radio şi a radiaţiilor X şi gamma şi după ce fizicianul german Heinrich Hertz a arătat că singura diferenţă reală între diferitele tipuri de lumină este frecvenţa undelor din fiecare bandă. De fapt, lui Hertz îi revine meritul de a intui faptul că există un spectru electromagnetic. În onoarea lui, unitatea de frecvenţă — unde pe secundă — pentru orice vibrează, inclusiv sunetul, este hertzul.

Din motive misterioase, astrofizicienii au făcut cam încet legătura între proaspăt descoperitele benzi invizibile de lumină şi ideea construirii unui telescop care să vadă benzile respective aşa cum sunt produse de sursele cosmice de lumină. Au contat şi întârzierile din tehnologia necesară pentru detectoare. Dar e vorba şi despre ceva orgoliu: cum putea universul să ne trimită lumină pe care minunaţii noştri ochi să nu o vadă? Preţ de mai bine de trei secole — de la Galileo Galilei până la Edwin Hubble — construirea unui telescop a însemnat un singur lucru: să faci un instrument care să surprindă lumina vizibilă, sporind capacitatea de a vedea cu care suntem înzestraţi de la natură.

Un telescop este doar un instrument care amplifică simţurile noastre slabe, permiţându-ne să facem cunoştinţă cu locuri foarte îndepărtate. Cu cât e mai mare, cu atât ne permite să vedem mai multe obiecte mai puţin strălucitoare. Cu cât mai netede sunt oglinzile, cu atât sunt mai clare imaginile. Cu cât mai sensibili sunt detectorii, cu atât e mai eficientă observaţia. Dar în toate cazurile informaţiile obţinute de astrofizician cu ajutorul telescopului vin pe Pământ cu o rază de lumină.

Totuşi, evenimentele celeste nu se rezumă la ceea ce este convenabil pentru retina umană. Ele emit de obicei diferite cantităţi de lumină în acelaşi timp în mai multe benzi. Aşa că fără telescoape şi fără detectoarele potrivite pentru întregul spectru, astrofizicienii ar cunoaşte mult mai puţine dintre lucrurile uluitoare care se petrec în univers.

Să luăm o stea explozivă — o supernovă. E un eveniment cosmic obişnuit care degajează o energie înaltă şi cantităţi uriaşe de raze X. Uneori exploziile sunt însoţite de emisii de raze gamma şi ultraviolete, iar lumina vizibilă nu e niciodată limitată. Mult după ce gazele explozive s-au răcit, undele de şoc s-au disipat, iar lumina vizibilă a pălit, „rămăşiţele“ supernovei continuă să

strălucească în infraroșu, emițând impulsuri de unde radio. Așa apar pulsarii, cei mai exacți măsurători de timp din univers.

Cele mai multe explozii stelare se petrec în galaxii îndepărtate, însă, dacă o stea explodează în Calea Lactee, chinurile morții ei degajă suficientă lumină pentru ca noi să o sesizăm și cu ochiul liber. Nimeni de pe Pământ nu a văzut invizibilele raze X sau gamma ale ultimelor două supernove spectaculoase găzduite de galaxia noastră — una în 1572 și una în 1604 —, dar lumina lor vizibilă a fost remarcată de mulți. Intervalul de lungimi de undă (sau frecvențe) al fiecărei benzi de lumină influențează foarte mult construirea instrumentelor necesare pentru detectare. De aceea nu există o singură combinație telescop–detectoare care să ne permită să vedem în același timp toate aspectele unei astfel de explozii. Însă modul de a rezolva problema e simplu: adunăm toate observațiile făcute asupra obiectului în benzi de lumină diferite. Apoi punem toate datele la un loc, atribuim culori vizibile benzilor invizibile care ne interesează și creăm la un nivel superior o imagine multibandă. Cam asta ar vedea atotvăzătorul personaj Geordi din serialul de televiziune Star Trek: The Next Generation. Cu acea putere de vizualizare, nu ratezi nimic.

Abia după ce identificăm banda necesară pentru satisfacerea înclinațiilor noastre astrofizice putem începe să ne gândim la dimensiunile oglinzii, la materialele de fabricație, la formă, suprafață și detectoare. De exemplu, lungimile de undă ale razelor X sunt foarte mici. Așa că, dacă vrem să le captăm, trebuie să avem o suprafață a oglinzii extraordinar de netedă. Orice imperfecțiune produce distorsiuni. Însă, dacă vrem să captăm unde radio, oglinda poate fi făcută și din plasă de sârmă, fiindcă imperfecțiunile suprafeței sunt mult mai mici decât lungimile undelor căutate. Bineînțeles, dorim o mulțime de detalii — înaltă definiție —, așa că oglinda trebuie să fie cât se poate de mare. În final, telescopul trebuie să fie mult, mult mai larg decât lungimea de undă a luminii pe care vrem să o captăm. Iar această cerință nu e nicăieri mai vizibilă decât în construcția unui radiotelescop.

*

Radiotelescoapele sunt primele aparate de acest tip construite pentru lumina

invizibilă şi constituie o subspecie uluitoare a observatoarelor. Inginerul american Karl G. Jansky a construit primul astfel de observator între 1929 şi 1930. Arăta cam ca un aspersor mobil făcut din mai multe cadre metalice înalte prinse între ele cu suporturi de lemn şi se întorcea ca un carusel de bâlci pe roţi, construit din piese de schimb luate de la un Ford Modelul T. Jansky a fixat instalaţia de 30 de metri pe o lungime de undă de aproximativ 15 metri, corespunzătoare unei frecvenţe de 20,5 megahertzi.[1] Scopul lui, ca angajat al Laboratoarelor Bell, era studierea fâşâiturilor de pe Pământ provenite din surse radio care ar fi putut contamina comunicaţiile terestre. Sarcina seamănă foarte bine cu cea primită de Penzias şi Wilson 35 de ani mai târziu — să descopere în receptorul lor zgomotele de microunde. Rezultatul a fost descoperirea fundalului cosmic de microunde, aşa cum am văzut în Capitolul 3.

După vreo doi ani de urmărire şi înregistrare a zgomotelor statice receptate de antena lui improvizată, Jansky a descoperit că undele radio provin nu doar de la furtunile locale şi din alte surse terestre cunoscute, ci şi din centrul Căii Lactee. Acea regiune de pe cer trecea prin câmpul telescopului la fiecare douăzeci şi trei de ore şi cincizeci şi şase de minute — perioada de rotaţie a Pământului, necesară centrului galactic să ajungă din nou pe aceeaşi direcţie cu antena. Karl Jansky şi-a publicat rezultatele cu titlul „Perturbări electrice de origine aparent extraterestră“[1]

Aşa s-a născut radioastronomia, însă ea a continuat fără Jansky. Laboratoarele Bell i-au dat altă sarcină, împiedicându-l să culeagă fructele importantei descoperiri. Totuşi, câţiva ani mai târziu, un american întreprinzător pe nume Grote Reber, din Wheaton, Illinois, a construit pe cont propriu un radiotelescop cu o oglindă metalică de zece metri în curtea din spatele casei. În 1938 Reber a confirmat descoperirea lui Jansky şi şi-a petrecut următorii cinci ani realizând hărţi radio de joasă rezoluţie ale cerului din spectrul undelor radio.

Deşi era o premieră, telescopul lui Reber era mic şi rudimentar raportat la standardele de azi. Radiotelescoapele moderne sunt o cu totul altă chestiune. Nu se află în vreo curte şi uneori sunt de-a dreptul uriaşe. MK 1, pus în funcţiune în 1957, este primul radiotelescop gigantic. Are o oglindă mobilă de 80 de metri şi se găseşte la Observatorul Jodrell Bank de lângă Manchester. La câteva luni după ce MK 1 a fost pus în funcţiune, Uniunea Sovietică a lansat Sputnik 1, iar antena lui Jodrell Bank a devenit deodată foarte utilă pentru urmărirea aparatului pornit pe orbită, devenind astfel precursorul programului din zilele noastre, Deep Space Network, pentru urmărirea sondelor spaţiale.

Cel mai mare radiotelescop din lume, definitivat în 2016, este numit Radiotelescopul Sferic cu Apertură de 500 de metri, pe scurt „FAST“[2]. A fost construit de China în provincia Guizhou și are o suprafață mai mare decât treizeci de terenuri de fotbal. Dacă vom primi vreodată un apel de la extratereștri, chinezii vor fi primii care vor afla.

*

O altă varietate de radiotelescop este interferometrul, care e alcătuit din matrice de antene-oglindă identice răspândite pe câte un câmp și conectate pentru a lucra împreună. Rezultatul este o imagine unificată de înaltă definiție a obiectelor cosmice care emit unde radio. Chiar dacă dimensiunile uriașe au fost apanajul telescoapelor înainte ca industria fast-food să-l aplice la porțiile de mâncare, radiointerferometrele formează o clasă în sine. Unul dintre ele, o matrice foarte întinsă de antene de lângă Socorro, New Mexico, poartă chiar denumirea oficială de Matricea Uriașă, și are 27 de oglinzi de 25 de metri aranjate în deșert, într-un Y uriaș, combinate electronic pentru a oferi rezoluția unei antene cu diametrul de 36 de kilometri. Observatorul e atât de cosmogenic, încât apare ca fundal în mai multe filme: 2010: The Year We Make Contact (1984), Contact (1997), și Transformers (2007). Mai există și Matricea Foarte Lungă, o formațiune de zece antene cu oglinzi de 25 de metri dispuse de-a lungul a 8 000 de kilometri, între Hawaii și Insulele Virgine. Constituie radiotelescopul cu cea mai înaltă definiție din lume.

În banda de microunde, relativ nouă pentru interferometre, avem cele 66 de antene ALMA (Atacama Large Millimeter Array), în partea nordică a Anzilor chilieni. Reglat pentru lungimi de undă între fracțiuni de milimetru și câțiva centimetri, ALMA le oferă astrofizicienilor acces de înaltă definiție la acțiuni cosmice care nu pot fi detectate în alte benzi, de pildă, structurile de nori gazoși care intră în colaps și devin pepiniere din care se nasc stele. Locul în care ALMA a fost amplasat în mod intenționat este unul dintre cele mai aride de pe Pământ — la cinci kilometri deasupra nivelului mării și mult peste plafonul de nori plini de apă. Apa poate fi bună pentru gătitul la microunde, dar nu și pentru astrofizicieni, fiindcă vaporii din atmosferă afectează puritatea semnalelor de microunde din galaxie și de dincolo de ea. Cele două fenomene sunt, desigur,

înrudite: apa e cel mai întâlnit ingredient din mâncare, iar cuptoarele cu microunde o încălzesc. E cel mai bun indiciu că apa absoarbe frecvențele de microunde. Prin urmare, dacă vrem să observăm detaliat obiectele cosmice, trebuie să reducem cantitatea de vapori de apă dintre telescop și univers, așa cum se întâmplă în cazul ALMA.

*

La limita lungimilor extrem de scurte din spectrul electromagnetic se găsesc razele gamma, care au energie și frecvență înalte și lungimi de undă care se măsoară în picometri[1]. Descoperite în 1900, au fost detectate în spațiu doar când satelitul NASA Explorer XI a fost plasat pe orbită cu un nou tip de telescop, în 1961.

Cei care se uită la filme SF știu că razele gamma sunt nocive pentru om. Vă pot transforma într-un muschiulos verde ori vă pot face să produceți fire de păianjen din încheieturile mâinilor. Dar în același timp sunt greu de captat. Trec prin lentilele și oglinzile obișnuite fără vreun efect. Atunci, cum le observăm? În măruntaiele telescopului de pe Explorer XI se găsește un dispozitiv numit „scintilator“, care răspunde la razele gamma emițând particule cu sarcină electrică. Măsurarea acestor sarcini ne spune ce fel de lumină de înaltă energie le-a creat.

Doi ani mai târziu, Uniunea Sovietică, Marea Britanie și Statele Unite au semnat tratatul de limitare a testelor nucleare, prin care erau interzise astfel de teste sub apă, în atmosferă și în spațiu — acolo unde reziduurile nucleare se pot răspândi și contamina locuri care nu aparțin țării respective. Dar eram în plin Război Rece, când nimeni nu avea încredere în nimeni în nicio privință. Invocând edictul militar „crede, dar verifică“, Statele Unite au lansat mai mulți sateliți de tip nou — seria Vela — cu care să detecteze radiațiile gamma rezultate din testele nucleare ale Uniunii Sovietice. Și, într-adevăr, sateliții au descoperit astfel de emisii, aproape zilnic. Dar nu rușii erau de vină. Emisiile proveneau din spațiu. S-a descoperit că erau cărți de vizită ale unor explozii solare titanice intermitente petrecute foarte departe de noi. Așa a apărut o nouă ramură de studiu în astrofizică.

În 1994, Observatorul Compton cu raze gamma al NASA a detectat un lucru la fel de neașteptat precum cel descoperit de sateliții Vela: fulgere frecvente de raze gamma la suprafața Pământului. Au fost numite „fulgere terestre de raze gamma“. Holocaust nuclear? Nu, evident, de vreme ce citiți aceste rânduri. Nu toate exploziile de raze gamma sunt mortale și nu toate au origine cosmică. În cazul nostru avem cel puțin 50 de astfel de fulgere în fiecare zi pe deasupra norilor de furtună. Apar cu o fracțiune de secundă înainte de declanșarea fulgerului obișnuit. Originea rămâne destul de misterioasă, dar cea mai bună explicație susține că într-o furtună electrică electronii liberi accelerează până la o viteză apropiată de cea a luminii și se izbesc de nucleele atomilor din atmosferă, generând raze gamma.

*

Astăzi, telescoapele operează în toate zonele invizibile ale spectrului, unele de la sol, dar cele mai multe din spațiu, unde câmpul vizual nu e afectat de atmosfera absorbantă a Pământului. Astăzi putem observa fenomene care emit de la unde radio de joasă frecvență — cu lungimi de doisprezece metri între creste — până la raze gamma de înaltă frecvență, cu lungimi de o cvadrilionime de metru. Această paletă bogată de emisii de lumină promite o deschidere nelimitată pentru descoperirile astrofizice. Vrem să știm cât gaz se ascunde printre stelele din galaxii? Radiotelescoapele o fac cel mai bine. Nu există vreo posibilitate de a detecta fundalul cosmic ori de a înțelege Big Bangul fără telescoapele cu microunde. Vrem să ne uităm la pepinierele stelare din norii gazoși galactici? Studiem fenomenul cu telescoapele cu infraroșii. Dar ce ziceți de vecinătățile găurilor negre obișnuite sau ale găurilor negre uriașe din centrul unei galaxii? Telescoapele cu ultraviolete și raze X fac cele mai bune observații. Vrem să vedem o explozie de înaltă energie a unei stele gigante, cu o masă de patruzeci de ori cât a Soarelui? O putem face cu telescoapele cu raze gamma.

Am avansat mult față de vremea în care Herschel făcea experimente cu raze care „nu pot fi surprinse de vederea noastră“. Astăzi explorăm universul așa cum este, nu așa cum pare să fie. Herschel ar fi mândru de asta. Am reușit să obținem adevărata vedere cosmică doar după ce am văzut ceea ce nu putea fi văzut: o colecție uimitor de bogată de obiecte și fenomene din spațiu și timp la care

putem astăzi visa în filosofia noastră.

10. Între planete

De la distanţă, sistemul nostru solar pare gol. Dacă îl cuprindem într-o sferă — suficient de mare pentru a include orbita lui Neptun, ultima planetă[1] —, volumul ocupat de Soare, toate planetele şi toţi sateliţii lor ar ocupa ceva mai mult de o bilionime din acest spaţiu. Dar, dacă ne uităm mai de aproape, spaţiul dintre planete conţine tot felul de bucăţi de rocă, pietricele, bulgări de gheaţă, praf, fluxuri de particule cu sarcină electrică şi sonde scăpate de sub control. Spaţiul acesta mai conţine şi câmpuri gravitaţionale şi magnetice de o forţă monstruoasă.

Spaţiul interplanetar e atât de încărcat, încât Pământul, în călătoria lui cu 30 de km/s pe orbită în jurul Soarelui, culege sute de tone de meteoriţi în fiecare zi, majoritatea de mărimea unui grăunte de nisip. Aproape toţi ard în atmosfera superioară a Pământului, unde se ciocnesc de aer cu o asemenea viteză, încât se vaporizează instantaneu. Specia noastră fragilă a evoluat sub această pătură protectoare. Meteoriţii mai mari, de mărimea unei mingi de golf, se încing repede, însă inegal, şi adesea se sparg în bucăţi mai mici înainte de a se vaporiza. Meteoriţii şi mai mari se pârlesc bine, însă ajung la sol întregi. Aţi crede că, după 4,6 miliarde de călătorii în jurul Soarelui, Pământul a curăţat toate resturile posibile de pe orbita lui. Dar lucrurile au stat mult mai rău. Preţ de o jumătate de miliard de ani după formarea Soarelui şi a planetelor, pe Pământ au căzut atâtea resturi, încât căldura degajată de energia impacturilor a încins atmosfera şi a topit scoarţa planetei noastre.

O bucată substanţială din aceste rămăşiţe a dus la formarea Lunii. Neaşteptata sărăcie a Lunii în fier şi alte elemente cu masă mare — după cum a reieşit din studierea mostrelor aduse de astronauţii misiunii Apollo — arată faptul că cel mai probabil satelitul nostru natural s-a format din scoarţa săracă în fier a Pământului, în urma unei coliziuni cu o protoplanetă de mărimea lui Marte. Aruncate pe orbite, resturile acestei ciocniri s-au aglutinat pentru a forma minunatul nostru satelit de densitate redusă. În afară de acest eveniment notabil, perioada bombardamentului susţinut prin care a trecut Pământul în copilărie n-a cunoscut nimic deosebit faţă de evenimentele petrecute pe alte planete şi corpuri mari din sistemul solar. Toate au suferit la fel. Suprafeţele Lunii şi ale lui Mercur — lipsite de aer şi deci neerodate — păstrează o bună parte dintre craterele formate în acea perioadă.

Nu numai că planetele din sistemul solar au multe cicatrice lăsate de resturile plutitoare din timpul formării sale, dar spaţiul interplanetar conţine roci de toate dimensiunile care au ricoşat de pe Marte, Lună sau Pământ în urma impacturilor

de energie înaltă. Studiile computerizate făcute pe ciocnirile meteoriţilor au arătat foarte clar că rocile de la suprafaţă din jurul zonei de impact pot fi aruncate cu suficientă viteză pentru a scăpa din chingile gravitaţionale ale corpului care a suferit impactul. Dat fiind ritmul cu care descoperim pe Pământ meteoriţi proveniţi de pe Marte, tragem concluzia că în fiecare an pe planeta noastră ajung cam o mie de tone de rocă marţiană. S-ar putea ca o cantitate similară să provină şi de pe Lună. Privind în urmă, nu trebuia să ne ducem pe Lună pentru a lua mostre de sol. Vin suficiente la noi, chiar dacă nu cerem asta şi nici nu am ştiut-o în vremea programului Apollo.

*

Cei mai mulţi asteroizi din sistemul solar îşi fac veacul în centura principală de asteroizi, o zonă oarecum plată dintre orbita lui Marte şi cea a lui Jupiter. Prin tradiţie, descoperitorul poate numi asteroidul aşa cum îşi doreşte. Artiştii desenează adesea centura ca pe o regiune de pietre plutitoare aglomerate în planul sistemului solar. Masa totală a acestei centuri reprezintă mai puţin de 5% din masa Lunii, care, la rândul ei, reprezintă sub 1% din masa Pământului. Pare nesemnificativ. Însă perturbările cumulate ale orbitelor asteroizilor creează încontinuu echipe ale morţii formate din câteva mii de corpuri ale căror traiectorii excentrice se intersectează cu orbita Pământului. Un calcul simplu ne arată că cele mai multe vor lovi planeta în următorii o sută de milioane de ani. Cei care au un diametru mai mare de un kilometru ne vor izbi cu suficientă energie pentru a destabiliza ecosistemul şi a pune în pericol de dispariţie majoritatea speciilor de pe uscat.

Nu va fi deloc plăcut.

Asteroizii nu sunt singurele obiecte spaţiale care ameninţă viaţa de pe Pământ. Centura Kuiper e o fâşie circulară presărată cu comete care începe imediat după orbita lui Neptun, include şi Pluto şi se întinde până la o distanţă faţă de Neptun egală cu cea dintre Neptun şi Soare. Astronomul american de origine olandeză Gerard Kuiper a sugerat că în întunecimile reci ale spaţiului de dincolo de Neptun trebuie să existe resturi îngheţate de la formarea sistemului solar. Neavând o planetă masivă pe care să cadă, cometele de acolo o să graviteze în

jurul Soarelui încă vreo câteva miliarde de ani. La fel ca şi în cazul centurii de asteroizi, unele obiecte din centura Kuiper au orbite excentrice, care se intersectează cu ale altor planete. Orbitele lui Pluto şi ale fraţilor săi — numiţi Plutini — se intersectează cu drumul făcut de Neptun în jurul Soarelui. Alte obiecte din centura Kuiper plonjează până în interiorul sistemului solar, intersectând orbite planetare. Din acest grup face parte şi Halley, cea mai cunoscută cometă.

Mult dincolo de centura Kuiper, la jumătatea distanţei faţă de cele mai apropiate stele, se află un rezervor sferic de comete, Norul lui Oort, numit astfel după astronomul danez Jan Oort, primul care a dedus existenţa lor. Această zonă e responsabilă pentru cometele cu perioadă orbitală lungă, mult peste durata unei vieţi umane. Spre deosebire de cometele din Centura Kuiper, cele din Norul lui Oort pot intra în sistemul solar din orice direcţie şi sub orice unghi. Cele mai strălucitoare din anii ’90 provenite din acest nor au fost Hale-Bopp şi Hyakutate. Niciuna dintre ele nu va reveni prea curând.

*

Dacă am putea vedea câmpurile magnetice, Jupiter ar arăta de zece ori cât Luna plină pe cer. O navă spaţială care vizitează această planetă trebuie proiectată în aşa fel, încât să nu fie afectată de câmpul magnetic extraordinar de puternic. Aşa cum a demonstrat fizicianul englez Michael Faraday în secolul al XIX-lea, dacă treci o sârmă printr-un câmp magnetic generezi o diferenţă de voltaj de-a lungul ei. Din acest motiv, în sondele spaţiale metalice care se deplasează cu viteză poate fi indus curent electric. La rândul lui, curentul generează un câmp magnetic propriu, care interacţionează cu al planetei, aşa încât mişcarea sondei încetineşte. Asta ar putea fi cauza încetinirii navelor spaţiale Pioneer la ieşirea din sistemul solar.

Ultima oară când i-am numărat, existau 56 de sateliţi între planetele din sistemul solar. Dar într-o bună dimineaţă am aflat că tocmai au fost descoperiţi încă 12 în jurul lui Saturn. După acest incident am hotărât să nu le mai ţin socoteala. Acum nu îmi mai pasă decât dacă vreunul dintre ei ar fi interesant de vizitat sau de studiat. După anumite standarde, sateliţii naturali din sistemul solar sunt mult

mai interesanți decât planetele în jurul cărora gravitează.

*

Luna noastră are un diametru de 400 de ori mai mic decât al Soarelui, dar totodată se află la o distanță de 400 de ori mai mică, ceea ce face ca pe cer să pară egale — o coincidență nemaiîntâlnită la vreo pereche planetă-satelit din sistemul solar, care permite eclipse totale de Soare teribil de fotogenice. De asemenea, Pământul este cuplat gravitațional cu Luna, ceea ce face ca perioada de rotație a acesteia în jurul propriei axe să fie identică cu cea de revoluție. Oriunde și oricând se întâmplă acest lucru, satelitul are orientată spre planetă mereu aceeași față.

Sistemul de sateliți al lui Jupiter e plin de ciudățenii. Io, cea mai apropiată lună, este cuplată gravitațional și afectată structural de interacțiunile cu Jupiter și cu celelalte luni, în așa fel încât rocile din interiorul ei sunt topite. Io este locul cu cea mai intensă activitate vulcanică din sistemul solar. Europa, altă lună a lui Jupiter, are suficientă apă, încât sistemul ei de încălzire (identic cu cel de pe Io) să topească gheața de sub crustă, formând un ocean subteran fierbinte. (Un colaborator artist m-a întrebat odată dacă formele de viață de pe Europa ar trebui numite „europeni“. În lipsa unui alt răspuns plauzibil, am fost nevoit să răspund afirmativ.)

Charon, cel mai mare satelit al lui Pluto, e atât de mare și de apropiat de Pluto, încât cele două corpuri sunt cuplate gravitațional reciproc: perioadele lor de rotație și de revoluție sunt identice. Numim această situație „cuplare gravitațională dublă“.

Prin convenție, lunile primesc numele personalității din mitologia greacă corespunzătoare zeului roman al cărui nume a fost acordat planetei. Zeii clasici aveau o viață socială complicată, așa că nu ducem lipsă de personaje. Singura excepție de la această regulă e valabilă pentru lunile lui Uranus, care sunt botezate după protagoniști ai literaturii engleze. Astronomul englez Sir William Herschel a fost primul care a descoperit o planetă dincolo de cele vizibile cu ochiul liber și a vrut să-i dea numele regelui pe care îl slujea cu credință. Dacă ar

fi reuşit, lista planetelor ar fi fost: Mercur, Venus, Pământ, Marte, Jupiter, Saturn şi George. Din fericire capetele mai limpezi au câştigat şi după câţiva ani planeta a primit numele clasic Uranus. Dar propunerea lui originală de a boteza lunile după personaje din piesele lui William Shakespeare şi poemele lui Alexander Pope a rămas o tradiţie până în zilele noastre. Printre cele 17 luni se găsesc Ariel, Cordelia, Desdemona, Julieta, Ofelia, Portia, Puck, Umbriel şi Miranda.

Soarele pierde materie de la suprafaţă într-un ritm de peste un milion de tone pe secundă. Numim aceasta „vânt solar“, care ia forma unor particule încărcate electric şi cu energie înaltă. Aceste particule călătoresc prin spaţiu cu aproape 1 600 de km/s şi sunt deviate de câmpurile magnetice planetare. Coboară în spirală spre polii magnetici nord şi sud, ciocnindu-se de moleculele de gaz şi producând culorile strălucitoare ale aurorei. Telescopul Spaţial Hubble a găsit aurore la polii planetelor Saturn şi Jupiter. Şi pe Pământ, aurora boreală şi cea australă (luminile nordului şi sudului) ne amintesc din când în când cât de bine e să ai o atmosferă protectoare.

Atmosfera Pământului este descrisă de obicei ca având zeci de kilometri grosime. Sateliţii de pe orbite „joase“ sunt plasaţi de obicei între 150 şi 650 de kilometri, şi parcurg orbita în aproximativ 90 de minute. La acele altitudini nu se poate respira, dar se găsesc rămăşiţe ale moleculelor atmosferice — suficiente pentru a drena energie orbitală de la sateliţii naivi. Pentru a contracara această frecare, inducem impulsuri sateliţilor de pe orbitele joase, în aşa fel încât să nu cadă spre Pământ şi să ardă în atmosferă. O modalitate alternativă de a defini marginea atmosferei terestre e aceea de a ne întreba unde devin egale densitatea moleculelor de gaz atmosferic şi cea a moleculelor din spaţiul interplanetar. Conform acestei definiţii, atmosfera Pământului se întinde la mii de kilometri faţă de suprafaţă.

Mult deasupra acestui nivel, la peste 40 000 de kilometri (o zecime din distanţa până la Lună), gravitează sateliţii de comunicaţii. La acea altitudine atmosfera Pământului devine irelevantă şi viteza sateliţilor poate fi suficient de mică pentru o revoluţie completă în jurul Pământului de 24 de ore. Având o orbită care se potriveşte exact cu perioada de rotaţie a Pământului, aceşti sateliţi par să plutească pe loc, ceea ce îi face ideali pentru transmiterea semnalelor între două puncte de la suprafaţa planetei.

*

Legile lui Newton stipulează anume faptul că forțele gravitaționale ale unei planete slăbesc pe măsură ce ne îndepărtăm de ea, dar nu ajung niciodată să fie nule. Planeta Jupiter are un câmp gravitațional foarte puternic, care abate din drum multe dintre cometele care ar putea crea haos în sistemul solar. Pentru Pământ, Jupiter joacă rolul de scut gravitațional, un frate mai mare solid, permițând perioade lungi (sute de milioane de ani) de pace și liniște pe planeta noastră. Fără această protecție, viața complexă s-ar fi dezvoltat mult mai greu, amenințată permanent de un impact devastator.

Ne-am folosit de câmpurile gravitaționale ale planetelor pentru aproape fiecare sondă lansată în spațiu. Sonda Cassini, de exemplu, care a vizitat Saturn, a primit sprijin gravitațional de două ori de la Venus, o dată de la Pământ și o dată de la Jupiter. Traiectoriile de la o planetă la alta, asemănătoare unor lovituri cu manta la biliard, sunt destul de obișnuite. Altfel, micuțele noastre sonde nu ar primi de la rachetele purtătoare viteza și energia necesare pentru a ajunge la destinație.

Sunt acum răspunzător pentru o părticică din reziduurile interplanetare ale sistemului solar. În noiembrie 2000, asteroidul 1994KA (denumire provizorie) din centura principală, descoperit de David Levy și Carolyn Shoemaker, a primit numele Tyson 13123, în onoarea mea. M-am bucurat de distincție, dar nu e cazul să mi-o iau în cap. Există o mulțime de asteroizi cu nume familiare ca Jody, Harriet sau Thomas. Ba chiar și unii care se numesc Merlin, James Bond sau Moș Crăciun. Cu un număr de ordinul sutelor de mii, asteroizii ne-ar putea pune curând probleme serioase legate de nume. Până atunci mă bucur că bucățica mea de materie cosmică nu e singură în spațiul dintre planete, ci alături de o listă lungă de surate, botezate după personaje reale au fictive.

Mă mai bucur și pentru că, deocamdată, asteroidul meu nu se îndreaptă spre Pământ.

1

11. Exoplaneta Pământ

Fie că preferați să sprintați, să înotați, să vă plimbați sau să vă târâți dintr-un loc în altul de pe Pământ, vă puteți bucura oriunde de imagini în prim-plan ale rezervei nelimitate de lucruri de observat. Puteți vedea o vână de calcar roz în versantul unui canion, o buburuză care mănâncă o afidă pe lujerul unui trandafir, o scoică ieșind din nisip. Nu trebuie decât să priviți.

De la fereastra unui avion care decolează aceste detalii dispar rapid. Gata cu aperitivul de afide sau cu scoicile curioase. La altitudinea de croazieră — cam 11 000 de metri — chiar și identificarea autostrăzilor devine o problemă.

Detaliile continuă să dispară pe măsură ce urcăm în spațiu. De la fereastra Stației Orbitale Internaționale, aflată la vreo 400 de kilometri altitudine, s-ar putea să vedeți Parisul, Londra, New Yorkul sau Los Angelesul în timpul zilei, însă doar fiindcă ați învățat poziția lor la geografie. Noaptea, strălucirea întinderilor de lumină este ușor de reperat. Dimpotrivă, ziua, contrar credinței populare, probabil că n-o să vedeți Marea Piramidă din Gizeh și, mai mult sigur, nici Marele Zid Chinezesc. Sunt ascunse parțial de faptul că au fost făcute din materiale care se află în solul din jur. Chiar dacă are mii de kilometri lungime, Marele Zid e lat de vreo cinci metri — mult mai îngust decât autostrăzile americane interstatale, pe care abia le vedem dintr-un avion transcontinental.

De pe orbită, cu ochiul liber, ați fi putut vedea trâmbele de fum înălțate din incendiile de pe câmpurile de sonde din Kuweit în 1991, la sfârșitul primului război din Golful Persic. Sau, în 2001, turnurile gemene ale World Trade Center arzând. Puteți observa și granițele între verde și maro create acolo unde se întâlnesc terenuri irigate cu terenuri aride. Dar, în afară de aceste câteva lucruri, nu prea sunt multe de văzut de la sute de kilometri în cer. Puteți vedea o mulțime de panorame naturale, cum ar fi uraganele din Golful Mexic, banchize de gheață în nordul Atlanticului și erupții vulcanice, acolo unde apar.

De pe Lună, care se află la aproape 400 000 de kilometri, strălucirile New Yorkului, Parisului și ale altor locuri de pe Pământ par niște licăriri. Dar încă se mai pot vedea fronturile atmosferice largi care se deplasează. De pe Marte, atunci când se află cel mai aproape, la vreo 55 de milioane de kilometri, crestele înzăpezite ale lanțurilor muntoase și marginile continentelor se pot vedea doar cu un telescop mare de amator. Dacă mergem pe Neptun, la trei miliarde de kilometri (o călătorie până în capătul străzii, dacă ne raportăm la scara cosmică), Soarele însuși devine de o mie de ori mai palid, ocupând a mia parte din cea pe

care o ocupă pe cerul Pământului. Dar Pământul? Ar fi o pată la fel de palidă ca o stea, care s-ar pierde în strălucirea Soarelui.

Există o fotografie din 1990 făcută de dincolo de orbita lui Neptun de nava Voyager 1. Acolo se vede cât de neînsemnat apare Pământul din spațiu: un „punct albastru și palid“, cum a zis astrofizicianul american Carl Sagan. Și a fost generos. În lipsa unei legende a figurii, s-ar putea să nici nu-l descoperiți.

Ce s-ar întâmpla dacă niște extratereștri cu capete supradimensionate din adâncul spațiului ar cerceta cerul cu superbele lor organe ale văzului, ajutați de cele mai performante accesorii optice extraterestre? Ce ar putea vedea pe Pământ?

Mai întâi, culoarea albastră. Apa acoperă peste două treimi din suprafața Pământului. Oceanul Pacific acoperă singur aproape jumătate din planetă. Orice ființă cu suficiente echipamente și competență de a detecta culoarea planetei noastre va deduce cu siguranță prezența apei, a treia moleculă din univers în privința abundenței.

Dacă au echipament suficient de performant, extratereștrii o să vadă mai mult decât un punct albastru palid. O să vadă liniile de coastă, ceea ce le va sugera că apa e lichidă. Iar niște extratereștri inteligenți o să-și dea seama, desigur, că, dacă o planetă are apă lichidă, temperatura și presiunea atmosferică se înscriu între anumite limite.

Calotele polare de gheață ale Pământului, care se întind și se restrâng odată cu variațiile de temperatură dintre anotimpuri, sunt și ele vizibile. La fel și rotația de 24 de ore a planetei, pentru că masele de uscat recognoscibile apar în câmpul vizual la intervale de timp previzibile. De asemenea, extratereștrii ar vedea sistemele meteorologice care apar și dispar. Un studiu atent le-ar da la iveală trăsăturile distincte ale norilor din atmosferă și pe cele de la suprafața planetei.

E vremea să revenim la realitate. Cea mai apropiată exoplanetă — cea mai apropiată planetă care gravitează în jurul unei stele, alta decât Soarele — se află în sistemul stelar învecinat Alpha Centauri, cam la patru ani-lumină de noi și vizibil mai ales din emisfera sudică. Majoritatea exoplanetelor catalogate sunt la zeci sau sute de ani-lumină de noi. Strălucirea Pământului e de peste un miliard de ori mai redusă decât a Soarelui, iar apropierea planetei noastre de Soare face foarte dificilă sarcina de a o repera cu un telescop cu lumină vizibilă. E ca și cum ai încerca să reperezi un licurici în vecinătatea unui reflector de la Hollywood.

Aşa că, dacă ne-au descoperit, extratereştrii folosesc probabil alte lungimi de undă decât ale luminii vizibile, de pildă, infraroşii, fiindcă în această bandă vizibilitatea planetei noastre în raport cu a Soarelui e ceva mai bună decât în cazul luminii vizibile. Sau poate că inginerii lor au adaptat strategii cu totul diferite.

Poate că fac ce fac de obicei vânătorii noştri de planete: monitorizează stelele, să vadă dacă oscilează la intervale regulate. O astfel de oscilaţie periodică a unei stele trădează existenţa unei planete care gravitează în jurul ei, dar e prea puţin strălucitoare pentru a putea fi observată direct. Contrar convingerilor populare, o planetă nu gravitează în jurul stelei ei. Atât planeta, cât şi steaua gravitează în jurul centrului de greutate comun. Cu cât e mai masivă planeta, cu atât e mai mare răspunsul stelei şi cu atât mai măsurabilă oscilaţia observată prin analizarea luminii ei. Din nefericire pentru vânătorii de planete extratereştri, Pământul e mititel, aşa că Soarele abia dacă se clinteşte, ceea ce ridică noi probleme inginerilor extratereştri.

*

Telescopul Kepler al NASA, proiectat şi reglat pentru a descoperi planete asemănătoare cu Pământul în jurul unor stele asemănătoare cu Soarele, foloseşte o altă metodă de detecţie, care a lărgit catalogul exoplanetelor. Kepler caută stele a căror strălucire scade foarte puţin la intervale regulate. Kepler poate detecta scăderea foarte uşoară a strălucirii unei stele pentru o fracţiune de secundă, fenomen produs de o planetă care gravitează în jurul ei. Cu această metodă nu vedem planeta însăşi. Nu putem vedea nici trăsăturile suprafeţei stelei. Kepler nu face decât să urmărească modificările emisiei totale de lumină, dar a adăugat mii de exoplanete în catalog, inclusiv sute de sisteme stelare cu mai multe planete. Din aceste date putem afla şi dimensiunile exoplanetelor, perioada orbitală şi distanţa orbitală faţă de steaua-gazdă. Şi putem deduce destul de exact şi masa planetei.

În caz că vă întrebaţi, să ştiţi că, atunci când Pământul trece prin faţa Soarelui — lucru care se întâmplă întotdeauna, în funcţie de direcţia din care e privit —, blochează 1/10 000 din suprafaţa Soarelui, diminuându-i strălucirea totală cu

1/10 000. E bine şi-atât. Extratereştrii ar putea descoperi că Pământul există, dar nu vor afla nimic despre ce se întâmplă la suprafaţa Pământului.

Undele radio şi microundele ar putea da rezultate mai bune. Poate că extratereştrii noştri care trag cu urechea au ceva de genul radiotelescopului de 500 de metri din provincia Guizhou din China. Dacă au un astfel de instrument şi îl reglează pe frecvenţele potrivite, o să observe cu siguranţă Pământul — sau, mai degrabă, civilizaţia noastră — ca fiind una dintre cele mai mari surse de lumină din cer. Gândiţi-vă la tot ce generează unde radio şi microunde: nu numai la tradiţionalul aparat de radio, ci şi la emisiile TV, ale telefoanelor mobile, ale cuptoarelor cu microunde, ale uşilor de garaj automate, ale cheilor de maşină, ale radarelor comerciale şi militare şi ale sateliţilor de comunicaţii. Suntem înconjuraţi de unde de frecvenţă ridicată — dovada spectaculoasă a lucrurilor neobişnuite care se petrec pe planeta noastră, fiindcă în starea lor naturală planetele solide mici nu emit decât o cantitate infimă de unde radio.

Aşa că, dacă extratereştrii care trag cu urechea îşi îndreaptă telescopul radio în direcţia noastră, ar putea deduce că deţinem tehnologie. Există totuşi o complicaţie: sunt posibile şi alte interpretări. Poate că n-o să reuşească să facă diferenţa între semnalele de pe Pământ şi cele de pe planetele mai mari din sistemul nostru solar, care sunt surse importante de unde radio, mai ales Jupiter. Poate o să-şi imagineze că suntem un tip nou de planetă ciudată, care emite foarte multe unde radio. Poate n-o să reuşească să facă deosebirea între emisiile noastre şi ale Soarelui, ceea ce o să-i conducă la concluzia că Soarele este un tip nou de stea ciudată, care emite foarte multe unde radio.

Astrofizicienii de pe Pământ, de la Universitatea Cambridge, din Anglia, s-au împiedicat şi ei de astfel de probleme, în 1967. În timp ce supravegheau cerul cu un radiotelescop în căutarea unei surse puternice de unde radio, Antony Hewish şi echipa lui au descoperit ceva extrem de ciudat: un obiect care pulsa la intervale precise, de ceva mai mult de o secundă. Jocelyn Bell, un doctorand din echipa lui Hewish, a fost primul care a observat asta.

Curând, Bell şi colegii ei au stabilit că pulsurile veneau de la mare distanţă. Gândul că semnalul are o sursă tehnologică — o altă cultură care îşi trimite în spaţiu dovada activităţii lor — nu le dădea pace. După cum îşi aminteşte Bell, „nu aveam nicio dovadă că e o emisie radio naturală... Încercam să-mi obţin doctoratul folosind o tehnică nouă, şi uite că nişte omuleţi verzi s-au găsit să folosească frecvenţa mea pentru a comunica cu noi“.[1] Totuşi, peste câteva zile a

descoperit alte semnale care se repetau, în mai multe locuri din Calea Lactee. Au înțeles că au descoperit o nouă clasă de obiecte cosmice: stele făcute din neutroni care pulsează unde radio la fiecare rotație. Hewish și Bell le-au numit „pulsari“.

Se pare că interceptarea undelor radio nu e singura cale de a fi băgăcios. Mai există și cosmochimia. Analiza chimică a atmosferelor planetare a devenit un domeniu foarte activ al astrofizicii moderne. După cum probabil ați ghicit, cosmochimiștii se bazează pe spectroscopie — analiza luminii cu ajutorul unui spectrometru. Folosind instrumentele și tacticile spectroscopiștilor, cosmochimiștii pot deduce prezența vieții pe o exoplanetă, indiferent dacă formele de viață respective sunt înzestrate cu simțuri, inteligență sau tehnologie.

Metoda funcționează, deoarece fiecare element, fiecare moleculă — indiferent de locul din univers în care se află — absoarbe, emite, reflectă și împrăștie lumina într-un mod caracteristic. Dacă studiem acea lumină cu un spectrometru, descoperim trăsături pe care le-am putea numi pe bună dreptate „amprente chimice“. Cele mai vizibile amprente sunt lăsate de substanțele care sunt excitate în cea mai mare măsură de presiunea și temperatura mediului în care se află. Atmosfera planetară e plină de astfel de trăsături. Iar dacă o planetă mustește de floră și faună, atmosfera ei va fi plină de biomarkeri — dovada spectrală a vieții. Indiferent dacă e biogenă (produsă de orice formă de viață sau de toate la un loc), antropogenă (produsă de foarte răspândita specie Homo sapiens) sau tehnogenă (produsă doar de tehnologie), această dovadă e greu de mascat.

Dacă nu sunt înzestrați din naștere cu senzori spectroscopici, extratereștrii noștri băgăcioși o să aibă nevoie de un spectrometru pentru a ne citi amprentele. Dar, mai presus de orice, va fi nevoie ca Pământul să treacă prin fața Soarelui (sau a altei surse de lumină), pentru ca lumina să ajungă la extratereștri filtrată de atmosfera noastră. În felul ăsta substanțele chimice din atmosfera Pământului pot interacționa cu lumina, lăsându-și amprenta asupra ei.

Unele molecule — amoniacul, dioxidul de carbon, apa — există din abundență în univers, indiferent dacă în preajma lor e viață sau nu. Dar sunt și molecule care prosperă doar în prezența vieții. Un alt biomarker ușor de detectat este nivelul moleculelor de metan, foarte ridicat pe Pământ. Două treimi dintre acestea sunt produse de activitățile umane cum ar fi producția de petrol, cultivarea orezului, canalizările și emanațiile tuturor vietăților. Restul de o treime sunt produse din surse naturale, de exemplu, în mlaștini sau în mușuroaiele de

termite. În același timp, în locurile sărace în oxigen liber, metanul nu are nevoie întotdeauna de viață pentru a se forma. În momentul de față astrobiologii poartă dispute asupra originii precise a urmelor de metan de pe Marte și a cantităților uriașe de metan de pe Titan, satelitul lui Saturn, unde presupunem că nu există vaci și termite.

Dacă extratereștrii ar urmări ce facem noaptea în călătoria noastră în jurul stelei care ne găzduiește, ar observa niște valuri de sodiu, produs de iluminatul stradal bazat pe vapori de sodiu, pornit la amurg de municipalitățile urbane și suburbane. Dar cel mai evident ar fi, oricum, oxigenul de pe planeta noastră, care constituie o cincime din atmosferă.

Oxigenul — care, după hidrogen și heliu, este cel mai întâlnit element din cosmos — este chimic activ și formează ușor legături cu atomii de hidrogen, carbon, nitrogen, siliciu, sulf, fier și așa mai departe. Formează legături chiar și cu el însuși. Astfel, pentru a exista într-o stare stabilă, ceva trebuie îl producă la fel de repede pe cât e consumat. Aici, pe Pământ, responsabilul cu producția este viața. Fotosinteza prezentă la plante și la o mulțime de bacterii creează oxigen liber în oceane și în atmosferă. La rândul lui, oxigenul liber face posibilă existența formelor de viață al căror metabolism se bazează pe el, adică tot regnul animal, inclusiv noi.

Noi, pământenii, cunoaștem deja semnificația amprentei chimice a planetei noastre. Dar extratereștrii din zonele îndepărtate ale universului vor fi nevoiți să-și interpreteze descoperirile și să-și verifice presupunerile. Apariția periodică a sodiului trebuie să fie tehnogenă? Oxigenul liber e cu siguranță biogen — fabricat de viață. Dar metanul? Și el este chimic instabil și, da, e parțial antropogen — produs de oameni —, dar, așa cum am văzut, metanul e produs și de agenți care nu sunt vii.

Dacă extratereștrii hotărăsc că trăsăturile chimice ale Pământului sunt o dovadă certă pentru existența vieții s-ar putea întreba dacă această viață este inteligentă. Se presupune că discută între ei, așa că s-ar putea să presupună că și alte forme de viață comunică. Poate că așa ajung să tragă cu urechea, folosind radiotelescoape pentru a vedea ce parte a spectrului electromagnetic stăpânesc locuitorii planetei noastre. Așa că, indiferent dacă explorează chimic sau cu ajutorul undelor radio, s-ar putea să ajungă la aceeași concluzie: o planetă pe care există tehnologie avansată trebuie să fie populată cu forme de viață inteligente, care s-ar putea ocupa cu descoperirea modului în care funcționează

universul şi în care s-ar putea aplica legile acestuia pentru un câştig personal sau public.

O privire mai atentă asupra amprentei atmosferice a Pământului va releva printre biomarkerii umani acizii sulfuric, carbonic şi nitric, precum şi alte componente ale fumului provenit din arderea combustibililor fosili. Dacă extratereştrii noştri curioşi sunt cumva mai avansaţi decât noi social, cultural şi tehnologic, cu siguranţă o să interpreteze aceşti biomarkeri ca fiind cea mai convingătoare dovadă a absenţei vieţii inteligente de pe Pământ.

*

Prima exoplanetă a fost descoperită în 1995, iar în momentul în care scriu aceste rânduri cunoaştem mai bine de trei mii, majoritatea descoperite într-o zonă a Căii Lactee, din jurul sistemului solar. Aşa că mai sunt destule de găsit. În fond, galaxia noastră conţine peste o sută de miliarde de stele, iar universul cunoscut de noi are câteva sute de miliarde de galaxii.

Căutarea vieţii în univers a iscat căutarea de exoplanete. Unele dintre ele seamănă cu Pământul — nu în detaliu, desigur, ci în privinţa proprietăţilor generale. După unele estimări făcute prin extrapolări pornite de la datele actuale s-ar părea că sunt vreo patruzeci de miliarde de planete asemănătoare cu Pământul doar în Calea Lactee. Acestea sunt planetele pe care s-ar putea ca într-o bună zi urmaşii noştri să le viziteze, pentru că aşa vor dori sau de nevoie.

12. Reflecții asupra perspectivei cosmice

Dintre toate ştiinţele cultivate de umanitate, astronomia este recunoscută a fi, fără îndoială, cea mai sublimă, cea mai interesantă şi cea mai utilă.

Căci din cunoaşterea obţinută prin această ştiinţă nu descoperim doar Pământul în întregul lui... ci propriile noastre facultăţi sunt extinse odată cu grandoarea ideilor pe care ni le aduce, iar mintea umană e ridicată deasupra prejudecăţilor lor mărunte şi limitate.

— James Ferguson, 1757[1]

Cu mult înainte ca să ştie cineva că universul a avut un început, înainte să ştim că cea mai apropiată galaxie mare este la două milioane de ani-lumină de Pământ şi înainte să ştim cum funcţionează stelele sau dacă există atomi, prezentarea entuziastă făcută de James Ferguson ştiinţei lui favorite părea adevărată. Totuşi, lăsând la o parte înfloriturile specifice secolului al XVIII-lea, cuvintele lui ar fi putut fi scrise ieri.

Dar cine gândeşte astfel? Cine slăveşte această perspectivă cosmică asupra vieţii? Nu fermierii imigranţi, nici muncitorii din ateliere, şi cu siguranţă nu persoanele fără adăpost care scormonesc prin gunoi după mâncare. E nevoie de timp care nu e petrecut pentru asigurarea supravieţuirii. Trebuie să aparţii unei naţiuni al cărei guvern pune preţ pe încercarea de a înţelege locul umanităţii în univers. E nevoie de o societate în care demersul intelectual să ne poată duce la frontierele descoperirii, iar ştirile despre aceste descoperiri să fie anunţate necontenit. Dacă acestea sunt standardele, majoritatea cetăţenilor din naţiunile industrializate stau destul de bine.

Totuşi, viziunea cosmică are costuri ascunse. Uneori, când călătoresc mii de kilometri pentru a sta câteva clipe în umbra fugitivă a lunii în cazul unei eclipse de soare, pierd din vedere Pământul.

Atunci când reflectez la universul nostru care se extinde, cu galaxiile lui care se îndepărtează una de alta, prinse în tot mai întinsa structură în patru dimensiuni a spaţiului şi timpului, uneori uit de nenumăratele fiinţe de pe Pământ care nu au hrană şi adăpost, de nenumăraţii copii care sunt în situaţia asta.

Când mă cufund în datele care dovedesc misterioasele prezenţe ale materiei şi

energiei negre în univers, uit că în fiecare zi — cu fiecare mișcare de rotație a Pământului — oamenii ucid și sunt uciși în numele ideilor unora despre Dumnezeu, și că aceia care nu ucid în numele lui Dumnezeu o fac în numele nevoilor și dorințelor unei dogme politice.

Când urmăresc orbitele asteroizilor, cometelor și planetelor, aceste dansatoare care fac piruete într-un balet coregrafiat de forțele gravitaționale, uneori uit cât de mulți oameni au un dispreț nesăbuit pentru atmosfera delicată a Pământului, pentru oceanele și solul planetei, ceea ce va afecta sănătatea și bunăstarea copiilor noștri și a copiilor copiilor noștri.

Și uneori uit că cei care dețin puterea rareori fac tot ce pot pentru a-i ajuta pe cei care nu se pot ajuta singuri.

Uneori uit aceste lucruri, fiindcă, indiferent cât de mare ar fi lumea — în inima noastră, în minte și pe hărțile digitale enorme —, universul este și mai mare. Un gând deprimant pentru unii, dar încântător pentru mine.

Să ne gândim la un adult care încearcă să aline suferința unui copil: laptele vărsat, o jucărie stricată, un genunchi julit. Ca adulți, știm că cei mici nu au idee ce înseamnă o problemă în adevăratul sens al cuvântului, fiindcă lipsa de experiență le limitează perspectiva copilăriei. Cei mici nu-și dau seama că lumea nu se învârte în jurul lor.

Avem noi, ca maturi, curajul să recunoaștem că avem o viziune colectivă imatură? Că gândurile și comportamentele noastre provin din convingerea că lumea se învârte în jurul nostru? S-ar zice că nu. Și totuși, dovezile sunt nenumărate. E suficient să intrăm în culisele conflictelor etnice, rasiale, religioase, naționale și culturale — o să descoperim egoul uman care apasă butoanele și trage manetele.

Imaginați-vă o lume în care toată lumea, dar în special oamenii care au putere și influență, are o viziune lărgită asupra locului nostru în cosmos. Cu o astfel de perspectivă, problemele noastre s-ar reduce — sau nu ar apărea deloc — și am putea sărbători diferențele dintre noi, renunțând la comportamentul predecesorilor noștri care s-au măcelărit între ei din cauza acestor diferențe.

*

În ianuarie 2000, proaspăt reconstruitul Planetariu Hayden din New York a fost gazda unui spectacol spaţial intitulat Paşaport către univers[1]; vizitatorii făceau o călătorie virtuală din planetariu până la marginea universului. Pe acest traseu publicul vedea Pământul, sistemul solar, cele o sută de miliarde de stele din Calea Lactee, care la rândul ei s-a micşorat până când a devenit un punct neînsemnat pe domul planetariului.

La o lună după deschidere am primit o scrisoare de la un profesor care preda psihologie într-o universitate de top şi era specializat în lucruri care îi fac pe oameni să pară neînsemnaţi. Habar n-aveam că te poţi specializa într-un astfel de domeniu. Voia să îi chestioneze pe vizitatori înainte şi după spectacol, pentru a măsura profunzimea deprimării produse de acesta. Mi-a spus că Paşaport către univers a declanşat cele mai spectaculoase sentimente de micime şi de lipsă de însemnătate pe care le-a detectat vreodată.

Cum e posibil? De câte ori am văzut spectacolul acela (sau altele pe care le-am produs), m-am simţit viu, încurajat, conectat. Şi, de asemenea, imens, fiindcă ştiam că procesele din creierul uman, un organ de un kilogram şi jumătate, ne permit să ne dăm seama care e locul nostru în univers.

Fie-mi îngăduit să sugerez că nu eu, ci profesorul a interpretat greşit natura. Egoul lui era prea gonflat de iluzii cu privire la însemnătate şi hrănit cu presupoziţii culturale conform cărora oamenii sunt mai importanţi decât orice altceva în univers.

Stând strâmb şi judecând drept, există în societate forţe puternice care îi lasă pe mulţi dintre noi susceptibili. Aşa am fost şi eu... până în ziua în care am aflat la ora de biologie că într-un centimetru din colonul meu există bacterii al căror număr îl depăşeşte pe al tuturor oamenilor care au trăit vreodată pe Pământ. O astfel de informaţie te face să te gândeşti mai bine când spui cine — sau ce — dirijează lucrurile în lume.

Din acea zi am început să mă gândesc la oameni nu ca la stăpânii spaţiului şi timpului, ci ca la nişte participanţi la marele lanţ cosmic al existenţei, care au o legătură genetică directă cu toate speciile în viaţă sau dispărute, până la

organismele unicelulare de acum patru miliarde de ani.

Știu ce gândiți: noi suntem mai deștepți decât bacteriile.

Fără îndoială, suntem mai deștepți decât orice creatură care a alergat ori s-a târât vreodată pe Pământ. Dar cum se manifestă această deșteptăciune? Ne gătim bucatele. Compunem muzică și poezie. Ne ocupăm de arte și științe. Ne pricepem la mate. Chiar dacă nu ne pricepem la mate, probabil că suntem mai buni decât cel mai deștept cimpanzeu, a cărui identitate genetică se deosebește foarte puțin de a noastră. Oricât ar încerca, primatologii n-o să facă niciodată un cimpanzeu să efectueze un șir lung de împărțiri ori să rezolve o ecuație trigonometrică.

Dacă micile deosebiri genetice dintre noi și primate explică ceea ce pare a fi o deosebire foarte mare în privința inteligenței, s-ar putea ca această deosebire să nu fie chiar atât de mare.

Imaginați-vă o formă de viață ale cărei puteri cerebrale sunt, în raport cu ale noastre, așa cum sunt ale noastre în raport cu ale cimpanzeului. Pentru o astfel de specie, marile noastre realizări mentale ar fi niște fleacuri. În loc să se uite la desene, bebelușii lor s-ar ocupa de calcule de algebră booleană.[1] Cele mai complexe teoreme și cele mai profunde filosofii elaborate de noi, cele mai prețuite lucrări ale celor mai creativi artiști ar fi proiecte școlare pe care copiii le-ar aduce părinților ca să le prindă cu magnet pe frigider. Aceste creaturi l-ar studia pe Stephen Hawking (care ocupă aceeași catedră care i-a aparținut cândva lui Isaac Newton la Universitatea Cambridge), fiindcă el e ceva mai deștept decât ceilalți oameni, poate face astrofizică teoretică și alte calcule rudimentare în minte, ca micuțul lor Timmy, care tocmai s-a întors de-acasă de la grădinița extraterestră.

Dacă am fi fost separați de cea mai apropiată rudă a noastră din regnul animal de o diferență colosală, am avea motive să ne bucurăm de strălucirea noastră. Am putea fi îndreptățiți să ne credem diferiți de semenii noștri din regnul animal. Dar nu există asemenea diferențe. Suntem una cu restul naturii, nici deasupra, nici dedesubt.

Mai aveți nevoie de ceva care să vă atenueze egoul? Sunt suficiente câteva comparații simple în materie de cantitate, dimensiuni și greutate.

Să ne gândim la apă. E simplă, obișnuită și vitală. Într-un pahar cu apă sunt mai

multe molecule cu apă decât pahare cu apă din tot oceanul planetar. Fiecare pahar care trece printr-o persoană și în cele din urmă se alătură din nou rezervei de apă a lumii are suficiente molecule pentru a amesteca 1 500 dintre ele cu orice alt pahar cu apă din lume. Acest lucru nu poate fi contestat: o parte din apa pe care ați băut-o astăzi a trecut prin rinichii lui Socrate, ai lui Ginghis Han și ai Ioanei D'Arc.

Dar aerul? E și el vital. O respirație aduce în plămâni un număr de molecule mai mare decât al volumelor respiratorii din atmosfera terestră. Asta înseamnă că o parte din aerul pe care îl respirați acum a trecut prin plămânii lui Napoleon, Beethoven, Lincoln și Billy the Kid.

Și acum să ieșim în spațiu. În univers sunt mai multe stele decât grăunțele de nisip de pe toate plajele planetei noastre, mai multe decât secundele care au trecut de la formarea Pământului și decât cuvintele și sunetele care au fost emise vreodată de oamenii care au trecut pe Pământ.

Vreți o privire rapidă înapoi în timp? Perspectiva noastră asupra cosmosului ne poartă acolo. Pentru a ajunge la observatoarele Pământului din adâncul spațiului, lumina are nevoie de timp. Vedem obiecte și fenomene nu așa cum sunt, ci așa cum au fost cândva. Asta înseamnă că universul acționează ca o uriașă mașină a timpului: cu cât privim mai departe, cu atât vedem mai departe în trecut. Aproape până la începutul timpului. În acest orizont evoluția cosmică se desfășoară încontinuu, sub ochii noștri.

Vreți să știți din ce suntem făcuți? Perspectiva cosmică ne oferă din nou un răspuns mai important decât v-ați aștepta. Elementele chimice ale universului sunt produse în flăcările stelelor cu masă mare care își încheie viața în explozii colosale, îmbogățind galaxia gazdă cu un arsenal chimic din care provine viața, așa cum o cunoaștem noi. Rezultatul? Cele mai întâlnite patru elemente chimice active din univers — hidrogenul, oxigenul, carbonul și nitrogenul — sunt cele mai întâlnite elemente ale vieții de pe Pământ. Iar carbonul stă la baza biochimiei.

Nu existăm pur și simplu în univers. Universul există în noi.

Acestea fiind zise, s-ar putea să nici nu venim de pe Pământ. Câteva direcții de cercetare comparate i-au forțat pe cercetători să reevalueze părerile noastre despre ce suntem și de unde venim. Mai întâi, simulările computerizate arată că,

atunci când un asteroid mare loveşte o planetă, zonele înconjurătoare au o mişcare de recul impulsionată de energia impactului, ceea ce catapultează rocă în spaţiu. Aceste roci pot ajunge pe suprafeţele altor planete. Apoi microorganismele pot fi foarte încăpăţânate. Extremofilele de pe Pământ pot supravieţui în condiţiile extreme de temperatură, presiune şi radiaţie care se întâlnesc în călătoriile prin spaţiu. Dacă vreo rocă provine de pe o planetă care are viaţă, atunci fauna microscopică din interstiţiile ei ar putea călători odată cu ea. În sfârşit, dovezile recente arată că, la scurtă vreme după formarea sistemului solar, Marte era apos, poate chiar fertil, înainte ca Pământul să devină astfel.

Luate la un loc, toate aceste consideraţii ne dau de înţeles că este posibil ca viaţa să fi apărut pe Marte, de unde au ajuns pe Pământ seminţele ei — un proces numit „panspermie“. Aşa că s-ar putea ca toţi pământenii să fie descendenţi ai marţienilor.

*

De-a lungul secolelor s-a întâmplat de multe ori ca descoperirile cosmice să retrogradeze imaginea pe care o avem despre noi. Cândva se presupunea că Pământul e unic din punct de vedere astronomic, până când am descoperit că e doar una dintre planetele care gravitează în jurul Soarelui. Apoi am presupus că Soarele e unic, până când am aflat că şi nenumăratele stele de pe cerul nopţii sunt tot sori. După care am presupus că galaxia noastră, Calea Lactee, e întregul univers, până când am stabilit că nenumăratele lucruri difuze de pe cer sunt alte galaxii presărate în peisajul universului.

Astăzi ne e la îndemână să presupunem că universul nostru e tot ce există. Totuşi, apar teorii ale cosmologiei moderne care, la fel ca mereu reafirmata improbabilitate ca să fie unic ceva, ne cer să rămânem deschişi la asaltul suprem asupra pretenţiei noastre că am fi deosebiţi: multiversul.

Perspectiva cosmică provine din cunoştinţe fundamentale. Dar nu e vorba doar despre ce ştim, ci şi despre a avea înţelepciunea şi profunzimea necesare pentru a aplica ce ştim la evaluarea locului nostru în univers. Iar atributele ei sunt clare:

Perspectiva cosmică provine de la frontierele științei, și totuși, nu este apanajul omului de știință. Ea aparține tuturor.

Perspectiva cosmică e smerită.

Perspectiva cosmică e spirituală — chiar mântuitoare —, dar nu religioasă.

Perspectiva cosmică ne permite să cuprindem în același gând marele și micul.

Perspectiva cosmică ne deschide mintea față de ideile extraordinare, dar nu o lasă într-atât de deschisă, încât să rămânem fără creier și să ajungem să credem tot ce ni se spune.

Perspectiva cosmică ne deschide ochii către univers nu ca spre un leagăn binevoitor făcut să adăpostească viața, ci ca spre un loc rece, pustiu și riscant, care ne obligă să reevaluăm valoarea pe care fiecare ființă umană trebuie să o acorde alteia.

Perspectiva cosmică ne arată că Pământul e un fir de nisip. Dar e un fir prețios și, deocamdată, singurul cămin pe care-l avem.

Perspectiva cosmică găsește frumusețe în imaginile planetelor, lunilor, stelelor și nebuloaselor, dar preamărește și legile fizicii, care le-au format.

Perspectiva cosmică ne permite să vedem dincolo de împrejurări, ne permite să ne ridicăm deasupra nevoilor primare — hrană, adăpost și reproducere.

Perspectiva cosmică ne amintește că în spațiu, acolo unde nu există aer, steagurile nu flutură — un indiciu că, poate, fluturarea steagurilor nu face casă bună cu explorarea spațiului.

Perspectiva cosmică nu numai că adoptă înrudirea noastră genetică cu toată viața de pe Pământ, ci și prețuiește înrudirea chimică cu orice viață ar fi descoperită în univers, la care se adaugă înrudirea atomică cu universul însuși.

Am putea fiecare, cel puțin o dată pe săptămână, dacă nu în fiecare zi, să ne

gândim la adevărurile despre cosmos pe care încă nu le-am descoperit, aşteptând, poate, apariţia unui gânditor strălucit, a unui experiment ingenios ori a unei misiuni spaţiale inovatoare prin care putem descoperi aceste adevăruri. Ne-am mai putea gândi şi la modul în care aceste descoperiri ar putea să transforme viaţa pe Pământ.

În lipsa unei astfel de curiozităţi, nu ne deosebim cu nimic de fermierul care nu simte nevoia de a călători dincolo de hotarele locului în care se află, pentru că obţine tot ce are nevoie de pe cele douăzeci de hectare ale lui. Şi totuşi, dacă predecesorii noştri ar fi simţit la fel, fermierul ar fi locuit în peşteră şi şi-ar fi vânat cina cu un par şi o piatră.

În scurta noastră trecere pe planeta Pământ avem datoria faţă de noi şi faţă de urmaşii noştri să fructificăm toate oportunităţile de explorare. În plus, este şi distractiv să faci asta. Dar mai există un motiv, mult mai nobil. Ziua în care cunoştinţele noastre despre cosmos vor înceta să se mai extindă o să vină odată cu riscul de a ne întoarce la viziunea infantilă conform căreia universul se învârte în jurul nostru la propriu şi la figurat. Într-o astfel de lume întunecată popoarele deţinătoare de arme şi înfometate de resurse o să fie înclinate să se comporte conform „prejudecăţilor lor mărunte şi limitate“. Şi asta ar fi ultima suflare a Iluminismului, până la ridicarea unei noi culturi vizionare care ar putea să îmbrăţişeze din nou perspectiva cosmică, nu să se teamă de ea.

Mulțumiri

Neobosiților mei redactori literari din anii în care au fost scrise aceste eseuri, printre care Ellen Goldensohn și Avis Lang, de la revista Natural History, care s-au asigurat că spun întotdeauna ce am vrut să spun și că am vrut să spun ceea ce am spus. Redactor științific a fost prietenul și colegul de la Princeton, Robert Lupton, care a știut mai multe decât mine în toate punctele de importanță majoră. Îi mulțumesc și lui Betsy Lerner pentru sugestiile făcute pe manuscris, în urma cărora conținutul a fost îmbunătățit foarte mult.

INDEX

Symbols

13123–Tyson 192

A

acid carbonic 162

acid nitric 162

acid sulfuric 162

aer 76, 88, 102, 116, 142, 176

algebră booleană 172

Alpha Centauri 156

Alpher, Ralph 45, 46, 47

aluminiu 104

amoniac 160

anti-electroni 20

antimaterie 17, 18, 20, 21, 22, 63, 94, 185

antiquarcuri 20-21

apă 101, 123, 128, 136, 137, 146, 155, 173

Apollo 142, 143

asteroizi 24, 25, 72, 109, 143, 144, 149

astronomie 167

Astrophysical Journal 48, 128

atol, Eniwetok 108

atomi, formare 22, 23, 44

AT&T 47

B

bacterii 161, 171

bacterii anaerobe 24

Beethoven, Ludwig van 35, 173

Bell, Jocelyn 47, 48, 133, 134, 159

Berry, Chuck 35

Big Bang 15, 27, 43, 45, 49, 73, 74, 92, 99, 101, 102

biochimie 174

biomarkeri 160, 162

bombe atomice 46, 110, 111

Boole, George 172

Bose, Satyendra Nath 18

bosoni 18

braţul Orion 24

C

calciu 32
Calea Lactee 24, 49, 55, 56, 58, 71, 77, 88, 90, 96, 122, 131, 159, 163, 170, 175
galaxiile pitice mistuite de 58
aplatizarea 119
undele radio emise de 133
supernovele din 131
California Institute of Technology 68
carbon 25, 32, 103, 104, 105, 160, 161
Carnegie Institution 71
Case Western Reserve University 76
Cavendish, Henry 101
câmpuri gravitaţionale 141
câmpuri magnetice 101, 145
centrul european de cercetare nucleară (CERN) 21
centura de asteroizi 109
Centura Kuiper 144, 145
Ceres 108, 109, 110, 111

ceriu 109

Charon 146

cianogen 49

ciclotronul de la Berkeley 110

cimpanzei 172

climă 37

clorură de galiu 106

clorură de sodiu 100

Coma Berenices 68

cometa Halley 144

comete 24, 25, 72, 74, 111, 144

constanta cosmologică 86, 89, 91, 94

constante fizice 35

Contact 135

Copernic, Nicolaus 86

copii 168

cosmochimie 159

cosmologie 52

Cretacic-Paleogen 107

cuptoare cu microunde 136

D

Deep Space Network 134

Deimos 118

densitate critică 92-93

deuteriu 22

Dicke, Robert 48

dinozauri 25, 107

dioxid de carbon 25, 105

Druyan, Ann 170

Dumnezeu 26, 31, 168, 169

E

Einstein, Albert 15, 18, 38, 46, 62, 67, 68, 69, 70, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 94, 95, 123

einsteiniu 108

electroni 19, 22, 121

elemente 23, 24, 33, 34, 100, 101, 105, 107, 110, 142, 174

$E=mc^2$ 21

energia vidului 64

energie neagră 51

Eniwetok 108

eter 76

Europa (lună) 146

Everest 108, 117

exoplanete 77, 157, 163

Explorer XI 136

extremofile 174

F

Faraday, Michael 145

Ferguson, James 167

fier 32, 105, 106, 142, 161

Finnegans Wake 19

fizică atomică 46

forțe centrifuge 119-120

forțe electroslabe 17-18

forțe nucleare puternice 79

fosfor 108

fotoni 17, 21, 22, 23, 44, 45, 49

fotosinteză 161

frecvență 129, 130, 133, 136, 138, 158

Friedmann, Alexander 87

fundalul cosmic 44, 138

fundalul cosmic de microunde (FCM) 44

fuziunea termonucleară 102

G

Galaxia Andromeda 56

Galaxia Pitică din Săgetător 58

„Galaxia și cei șapte pitici“ (Tyson) 57

galaxii 23, 24, 49, 50, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 77, 90, 96, 122, 131, 138, 163, 175

bogate în gaz 60

coliziuni 58

formarea 23

materia neagră și 75-76

numărul stelelor din 57-58

viteza de îndepărtare 90 viteza orbitală 71

galaxii albastre palide 56

galaxii pitice 56, 58, 61

galiu 106

Galle, John 110

Gamow, George 45, 47

găuri negre 72, 85

Gell-Mann, Murray 18

generatoare termoelectrice cu radioizotopi 111

Germania 84

germaniu 106

gigante roşii 118

Golful Mexic 154

Golful Persic 154

Gott, J. Richard 46

Guth, Alan H. 92

H

Hale-Bopp (cometă) 145

halouri de materie neagră 71

Heinrich 130

Helios (zeu) 32, 102

heliu 22, 72, 73, 78, 102, 105, 161

Herman, Robert 45, 46, 47

Herschel, William 110, 127, 128, 129, 138, 147

hertz 130

Hertz, Heinrich 130

Hewish, Antony 159

hidrogen 22, 32, 35, 61, 62, 63, 72, 73, 78, 101, 108, 161

Himalaya 117

Hiroshima 110

Homo sapiens 25, 85, 160

Hubble, Edwin P. 46, 88, 90, 92, 109, 123, 130, 147

Hyakutate (cometă) 145

I

infraroșii 44, 45, 129, 138, 156

inteligență 45, 160

interferometru 135

Io (lună) 146

iridiu 107

J

Jansky, Karl G. 133, 134

Johns Hopkins, Universitate 89

Joyce, James 19

Jupiter (zeu) 109

Jupiter (planetă) 37, 72, 101, 108, 143, 145, 146, 147, 149, 158

K

Kuiper, Gerard 111, 144, 145

Kuweit 154

L

Laboratoarele Bell 47, 134

Laboratorul Național Lawrence din Berkeley 89

lambda 86, 87, 88, 89, 91, 94, 95

Leeuwenhoek, Antonie van 129

legile cauzalității 39

legile conservării 37

legile lui Newton 33, 69

legile termodinamicii 39

Lemaître, Georges 45

lentilă gravitațională 63

leptoni 18, 21

Le Verrier, Joseph 110

Levy, David 37, 149

litiu 22, 102

lobul Roche 118, 119

Lucreţiu 15

lumină infraroşie 129

Luna 31, 145, 146

M

Magellan, Ferdinand 56

Marea Nebuloasă Andromeda 56

Marea Pată Roşie 37

Marea Piramidă din Gizeh 154

Marele Accelerator de Hadroni 21

Marele G 35

Marele Zid Chinezesc 154

Marte 108, 117, 118, 142, 143, 147, 154, 161, 175

Massachusetts Institute of Technology 92

materie neagră 38, 51, 56, 60, 62, 70, 71, 73, 74, 78, 79, 93

Mather, John C. 48

Matricea Foarte Lungă 135

Matricea Uriașă 135

Mercur (planetă) 109, 142, 147

mercur (element) 109

metan 160, 161

meteoriţi 141, 143

Michelson, Albert 76

microunde 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 73, 129, 133, 135, 136, 138, 158

MK1 (radiotelescop) 134

Morley, Edward 76

multivers 26

Muntele McKinley 117

Munţii Anzi 135

N

Nagasaki 111

nanosecundă 43

NASA 35, 136, 137, 157

natura umană 39

nebuliu 34

Neptun 109, 110, 111, 141, 144, 154, 155

neptuniu 110

neutrino 18, 20, 78, 79, 106

neutroni 22, 105, 121, 159

Newton, Isaac 31, 33, 35, 38, 67, 68, 69, 70, 87, 101, 127, 148, 167, 172

nitrogen 32, 105, 161

norii lui Magellan 56, 58

nori întunecaţi 72

Norul lui Oort 144, 145

nuclee atomice 22

O

Observatorul Compton cu raze gamma 137

Observatorul Jodrell Bank 134

Observatorul Lowell 110

Observatorul Național Kitt Peak 104

Observatorul pentru undele gravitaționale (LIGO) 84

Oceanul Atlantic 154

Oceanul Pacific 155

Olympus Mons 117

omega 91, 92, 93

Oort, Jan 144, 145

organisme aerobe 25

organisme unicelulare 85

osmiu 107

O sută de autori împotriva lui Einstein 86

oxid de titan 105

oxigen 24, 25, 32, 104, 105, 161

P

paladiu 109

Pallas 109, 111

panspermie 175

particule virtuale 63, 94

Pașaport către univers 170

Pământ

asteroizi căzuți pe 24

atmosferă 141

aurora 147

ca sferă 117

calote polare 155

forma 120

formarea 24-26

generarea undelor radio și a microundelor 158

gravitația la suprafață 74

meteoriți căzuți 141

văzut din spațiu 153-156

viteză orbitală 69

Penzias 47, 48, 133

perechi quarc-antiquarc 21

perioada Planck 16

Perlmutter, Saul 89, 91

Piazzi, Giuseppe 108

Pioneer 34, 145

Planck, Max 16, 17

Planetariul Hayden 170

plasmă 33

platină 107

plutoniu 111

Pope, Alexander 147

pozitroni 20

prisme 32, 127

Proiectul Manhattan 46

protoni 19, 22, 63, 73, 102, 105, 110, 121

pulsari 120, 159

Q

quarcuri 18, 19, 20, 21, 22

forţe de atracţie între 19-20

originea numelui 19

sarcina electrică 19

quasari 62

R

radiotelescoape 162

raze cosmice 63

raze gamma 129, 131, 137, 138

raze ultraviolete 129

raze X 59, 60, 106, 129, 131, 138

Războiul Rece 137

Reber, Grote 134

Riess, Adam 89

Roche, Édouard 118, 119

Roiul Cosiței 69

roiuri de galaxii 70, 74

forma 122

formarea 49, 50

gazul 59, 60

gravitația 58, 70

Rubin, Vera 70, 71

S

Sagan, Carl 155, 170

sarcină electrică 136, 141

Saturn 105, 109, 120, 145, 147, 149, 161

Schmidt, Brian 89, 91

seleniu 108

sfere 116

sfere aplatizate 120

sferoizi eliptici 120

Shakespeare, William 147

Shoemaker, Carolyn 37, 149

Shoemaker-Levy 9 (cometă) 37

sistemul solar 24, 33, 34, 37, 69, 110, 111, 117, 142, 143, 145, 146, 149, 170

Smoot, George F. 48

Soarele 24, 32, 44, 76, 77, 119, 147, 155, 156, 157, 159, 175

amprente chimice 30-31

fluxul de energie 74

heliul produs în 101-102

masa pierdută pe secundă de 149

neutrini din 78

Socorro, New Mexico 135

sodiu 100, 103, 104, 161, 186

sonda Cassini 149

Soter, Stephen 170

spaţiu intergalactic 58, 63, 64

spaţiu interplanetar 141, 143, 148

spectre 76

spectrometru 159, 160

spectru electromagnetic 129, 130

Sputnik 1 134

Star Trek: The Next Generation 132

Staţia Orbitală Internaţională 153

stele 10, 22, 23, 32, 33, 35, 44, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 69, 71, 72, 75, 77, 89, 96, 99, 102, 106, 107, 118, 119, 135, 138, 144, 156, 157, 159, 163, 170, 173, 175

extra-galactice 58-59

fier format în 106

formarea elementelor în 24- 25, 98-99, 100-103, 166, 183

lobul Roche de 118-119

luminozitate 34

număr de 173

stele binare 33

structura spaţiu-timp 87, 92, 123

superroiul Fecioara 24

T

tabelul periodic al elementelor 33, 100, 110, 112

technețiu 106

telescoape 59, 63, 95, 104, 106, 131

radio 133-135, 138, 162

telescoape cu infraroșii 138

Telescopul Hubble 147

Telescopul Kepler 157

testarea bombei cu hidrogen 108

The Year We Make Contact (film) 135

Thor (zeu) 109

titan 104

Titan (lună) 105, 161

titani (zei) 104

Tombaugh, Clyde 110

toriu 109

Transformers (film) 135

tratatul de limitare a testelor nucleare 137

tritiu 22

Tyson 1, 3, 149

U

unde gravitaționale 84

unde radio 44, 45, 129, 131, 132, 135, 138, 158, 159

Uniunea Sovietică 134, 137

universalitatea legilor fizicii 39, 40

Universitatea Cambridge 159, 172

Universitatea Princeton 48, 181

universul 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 33, 43, 44, 46, 50, 51, 52, 55, 59, 60, 61, 70, 72, 80, 83, 84, 86, 87, 88, 91, 92, 96, 130, 138, 162, 163, 167, 168, 169, 173, 175, 177

acumularea de materie 50-51

ca mașină a timpului 173

ca sferă 123

densitatea materie-energie 92-93

expansiunea 41-42, 44, 50, 80, 87-88, 91-92, 124, 167

expansiunea timpurie și răcirea 15-20

opacitatea 44

perioada Planck 16

perioada quarcurilor și leptonilor 19

simetria 20-21, 166-167

uraniu 109, 110, 111

vidul intergalactic 53-63

Uranus 109, 110, 111, 127, 147

V

vânturi solare 147

Vela (sateliți) 137

vid 22, 76, 95

viteza luminii 18, 35, 36, 63, 84, 123

Voyager 34, 35, 155

W

Wheeler, John Archibald 88

Wilson, Robert 47, 48, 133

World Trade Center 154

Y

Yucatan 25

Z

Zwicky, Fritz 68, 69, 70

[1] Un an-lumină este distanța parcursă de lumină în vid într-un an terestru — aproape zece bilioane de kilometri.

[1] Cu toate că, în principiu, ați putea face o astfel de cascadorie dacă ați reuși să produceți o flatulență puternică și susținută.

[1] O nanosecundă este o miliardime de secundă. O picosecundă este o bilionime de secundă.

[1] A.A. Penzias și R.W. Wilson, „A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s“, Astrophysical Journal 142 (1965): 419–421.

[1] Notă olografă apărută în Károly Simonyi, A Cultural History of Physics (Boca Raton, FL: CRC Press, 2012).

[1] Observatorul pentru undele gravitaționale (LIGO), din Hanford, Washington, și Livingston, Louisiana.

[1] R. Israel, E. Ruckhaber, R. Weinmann, et al., Hundert Autoren Gegen Einstein (Leipzig: R. Voigtlanders Verlag, 1931).

[1] „Geodezic“ e un cuvânt exagerat de prețios pentru distanța cea mai scurtă dintre două puncte de-a lungul unei suprafețe curbe. În cazul de față, sensul se extinde la distanța cea mai scurtă între două puncte din curbura în patru dimensiuni a structurii spațiu-timp.

[1] În timpul cursurilor postuniversitare pentru doctoranzi, am urmat cursul de relativitate generală al lui John Wheeler (unde am cunoscut-o pe soția mea), iar el spunea des acest lucru.

[1] În trecut, acest strat a avut denumirea de limita Cretacic–Terțiar (K-T).

[1] De fapt, Pământul e planeta mea favorită, urmată de Saturn.

[1] Abia la jumătatea secolului al XIX-lea, când spectrometrul fizicienilor a fost aplicat problemelor astronomice, astronomii au devenit astrofizicieni. În 1895 s-a fondat prestigiosul Astrophysical Journal, care avea subtitlul „O revistă internațională de spectroscopie și fizică astronomică“.[2] William Herschel, „Experiments on Solar and on the Terrestrial Rays that Occasion Heat“, Philosophical Transactions of the Royal Astronomical Society, 1800, 17.

[1] Antonie van Leeuwenhoek, scrisoare către Societatea Regală londoneză, 10 octombrie 1676.

[1] Toate undele respectă o ecuație simplă: viteza = frecvența × lungimea de undă. O lungime de undă mai mare înseamnă o frecvență mai redusă și invers, așa că, atunci când înmulțim cele două valori, obținem aceeași viteză a undei. Acest lucru e valabil pentru lumină, sunet, cutremure, tsunamiuri — tot ce se deplasează sub formă de undă.

[1] Karl Jansky, „Electrical Disturbances Apparently of Extraterrestrial Origin“, Proceedings of the Institute for Radio Engineers 21, no. 10 (1933): 1387.[2] Acronim format din inițialele denumirii în engleză: Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope. (N.red.)

[1] „Pico“ este prefixul metric pentru o bilionime.

[1] Nu, nu e Pluto. Obișnuiți-vă cu gândul.

[1] Jocelyn Bell, Annals of the New York Academy of Sciences 302 (1977): 685.

[1] James Ferguson, Astronomy Explained Upon Sir Isaac Newton’s Principles, And Made Easy To Those Who Have Not Studied Mathematics (London, 1757).

[1] Scenariul pentru Passport to the Universe a fost scris de Ann Druyan și Steven Soter, care sunt și coautorii miniserialului difuzat de canalul Fox în 2014: Cosmos: A Space Time Odyssey, a cărui gazdă a fost subsemnatul. Cei doi au colaborat și cu Carl Sagan la miniserialul original din 1980 Cosmos: A Personal Voyage.

[1] Algebra booleană este o ramură a matematicii care lucrează cu valori de adevăr, reprezentate prin 0 şi 1, fiind esenţială pentru limbajul calculatoarelor. Este numită astfel după matematicianul englez George Boole, care a trăit în secolul al XVIII-lea.